

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы научных исследований и проектирования»

**В. Н. Дашков, Е. Ф. Турцевич, Е. И. Михайловский**

## **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Учебно-методический комплекс  
для студентов специальностей  
1-74 06 02 Техническое обеспечение процессов хранения  
и переработки сельскохозяйственной продукции,  
1-36 12 01 Проектирование и производство сельскохозяйственной  
техники*

Минск  
БГАТУ  
2010

УДК 631.371:620.9(07)  
ББК 31.19я7  
Д21

*Рекомендовано научно-методическим советом  
агротехнического факультета БГАТУ.  
Протокол № 1 от 28.09.2009 г.*

Рецензенты:

заведующий лабораторией «Использование ТЭР» РУП «НПЦ НАН  
Беларуси по механизации сельского хозяйства», кандидат технических наук  
*Н. Ф. Капустин;*  
зав. кафедрой электротехники БГАТУ, кандидат технических наук  
*А. В. Крутов*

**Дашков, В. Н.**

Д21

Основы энергосбережения и энергоресурсосберегающие  
технологии : учебно-методический комплекс / В. Н. Дашков,  
Е. Ф. Турцевич, Е. И. Михайловский. – Минск : БГАТУ, 2010. –  
192 с.

ISBN 978-985-519-326-6.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы энергосбережения»  
предназначен для оказания помощи студентам в последовательном изучении дис-  
циплины. Он составлен в соответствии с программой курса для студентов специ-  
альностей 1-74 06 02 «Техническое обеспечение процессов хранения и переработ-  
ки сельскохозяйственной продукции», 1-36 12 01 «Проектирование и производство  
сельскохозяйственной техники».

УДК 631.371:620.9(07)  
ББК 31.19я7

ISBN 978-985-519-326-6

© БГАТУ, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
МОДУЛЬ 0.....	6
МОДУЛЬ 1. СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА. СУЩНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	10
1.1. Конспект лекций.....	10
1.1.1. Правовые основы энергосбережения.....	10
1.1.2. Экологические аспекты энергосбережения.....	17
1.1.3. Традиционные способы получения тепловой и электрической энергии.....	21
1.1.4. Возобновляемые источники энергии.....	30
1.1.5. Использование вторичных энергетических ресурсов.....	39
1.2. Материалы для УСРС, практических и лабораторных занятий.....	51
1.2.1. Вопросы для управляемой самостоятельной работы.....	51
1.2.2. Материалы к практическим и лабораторным занятиям.....	51
1.2.2.1. Лабораторная работа «Оборудование для преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую. Исследование фотоэлектрических преобразователей».....	51
1.2.2.2. Лабораторная работа «Оборудование для производства тепловой и электрической энергии на основе биогазоресурсов. Исследование процесса газификации».....	57
1.2.2.3. Практическая работа «Теплонасосные установки, особенности конструкции, эксплуатации».....	60
1.2.2.4. Практическая работа «Расчет количества светильников методом коэффициента использования. Расчет экономии электроэнергии осветительными установками».....	63
МОДУЛЬ 2. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	67
2.1. Конспект лекций.....	67
2.1.1. Учет, регулирование и нормирование потребления энергоресурсов.....	67
2.1.2. Энергосберегающие процессы, технологии, установки, Машины и аппараты, применяемые в сельском хозяйстве и переработке сельскохозяйственной продукции.....	77
2.1.3. Энергетическая оценка механизированных технологий.....	113
2.1.4. Основы энергетического менеджмента и аудита.....	121
2.2. Материалы для УСРС, практических и лабораторных занятий.....	127

2.2.1. Вопросы для управляемой самостоятельной работы.....	127
2.2.2. Материалы к практическим и лабораторным занятиям.....	128
2.2.2.1. Практическая работа «Расчет норм потребления энергоресурсов при производстве, переработке и хранении сельскохозяйственной продукции.....	128
2.2.2.2. Практическая работа «Составление и анализ энергетического баланса предприятия».....	129
2.2.2.3. Практическая работа «Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Определение конструктивно-технологических параметров элеватора ковшового вертикального».....	133
2.2.2.4. Практическая работа «Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Обоснование основных конструктивно- технологических параметров зерносушильного модуля».....	141
2.2.2.5. Практическая работа «Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Обоснование конструктивных параметров жидкотопливных топочных агрегатов для зерносушилок в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь».....	142
2.2.2.6. Практическая работа «Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Обоснование конструктивных параметров топочных агрегатов, работающих на местных видах топлива, для зерносушилок в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь».....	143
2.2.2.7. Лабораторная работа «Приборы для учета и регулирования потребления энергии, особенности конструкции, эксплуатации.....	144
ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ.....	150
ТЕРМИНЫ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	152
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	155
ЛИТЕРАТУРА.....	190

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время энергетические ресурсы играют определяющую роль и в мировой экономике, и в мировой политике. Растущий спрос на нефть и газ сформировал в последние годы высокие цены на эти виды ресурсов. Мировой финансовый кризис показал, что существует ярко выраженная связь между темпами развития экономики и потреблением энергоресурсов. Следовательно, подъем экономики будет сопровождаться ростом потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и скачком цен на них. С другой стороны, давно уже известно, что количество мировых запасов нефти и газа ограничено. Их, по оценкам специалистов, осталось на Земле лишь на несколько ближайших десятилетий.

Мировой экономический кризис обостряет конкурентную борьбу на рынках сбыта продукции разных стран. Сельскохозяйственная продукция является важной составляющей экспорта Республики Беларусь. Снижение затрат на ее производство выступает основным фактором повышения конкурентоспособности белорусских продуктов питания на внешних рынках. Кроме того, снижение затрат импортируемых энергоресурсов, цены на которые диктует поставщик, повышает устойчивость работы предприятий республики и обеспечивает рост рентабельности производства. Проблема энергосбережения в этих условиях выходит на первый план. Причем она становится глобальной проблемой всего человечества, а не только отдельных стран и регионов. Эффективное использование материальных ресурсов, энергосбережение – это объективно обусловленная мировая тенденция.

---

## МОДУЛЬ 0

---

### Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у специалиста правильного подхода к постановке и решению проблем эффективного использования (ТЭР) на основе мирового опыта с учетом государственной политики Республики Беларусь в области энергосбережения и первичных навыков по применению полученных знаний на практике.

### Задачи изучения дисциплины

Сформировать у студентов основные знания по:

- источникам энергии и природе их образования;
- имеющимся и потенциальным энергоресурсам Республики Беларусь;
- использованию возобновляемых видов топлива и энергии и вторичным энергетическим ресурсам (ВЭР) в технологиях сельскохозяйственного производства и переработки продуктов питания;
- нормативам и стандартам по энергообеспечению и энергосбережению;
- основным направлениям энергоснабжения и энергосбережения;
- основным энергосберегающим процессам, технологиям, установкам и аппаратам, применяемым в сельском хозяйстве и переработке продуктов питания и привить навыки их использования;
- экономике энергосбережения.

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

- знать классификацию и свойства возобновляемых и невозобновляемых источников энергии, используемых в сельском хозяйстве, их потенциал в Республике Беларусь; особенности технологических и вспомогательных технических потребителей энергии в отрасли; методику проведения энергетического аудита и организацию энергосбережения на предприятии;

- овладеть методически правильными подходами к нормированию потребления ТЭР и определению «узких» мест в технологиях производства сельскохозяйственной продукции и конструкции сельскохозяйственной техники и перерабатывающего оборудования с точки зрения энергосбережения, освоить навыки формирования ресурсосберегающих технологий в теоретическом виде с проведением соответствующих расчетов и практического применения их в производственной деятельности;

- уметь эффективно использовать местные виды топлива в качестве источника первичной энергии с применением термодинамических, биохимических и агрохимических методов; экономно и рационально использовать энергию на рабочем месте; пользоваться информационными ресурсами об энергосбережении.

### Связь дисциплины с другими учебными дисциплинами

Изучение дисциплины базируется на знаниях студентов в области физики (раздел «Термодинамика»), химии, общей экологии, технологических процессов производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, вычислительной техники и информатики, экономики в объеме учебной программы.

### Структура дисциплины

Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов			
	Всего	В том числе		
		Лекций	Лабораторных	Практических
<b>1. Современная энергетическая проблематика. Сущность и направления энергосбережения</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
1.1. Правовые основы энергосбережения	1	1	-	-
1.2. Экологические аспекты энергосбережения	3	1	-	2
1.3. Традиционные способы получения тепловой и электрической энергии	4	2	-	2
1.4. Возобновляемые источники энергии	4	2	2	-
1.5. Использование вторичных энергетических ресурсов	4	2	2	-

Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов			
	Всего	В том числе		
		Лекций	Лабораторных	Практических
<b>2. Энергосбережение в технологиях производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
2.1. Учет, регулирование и нормирование потребления энергоресурсов	4	2	2	-
2.2. Энергосберегающие процессы, технологии, установки, машины и аппараты, применяемые в сельском хозяйстве и переработке продуктов питания	6	4	2	-
2.3. Энергетическая оценка механизированных технологий	4	2	-	2
2.4. Основы энергетического менеджмента и аудита	4	2	-	2
<b>Итого</b>	<b>34</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

### Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ

Лабораторные и практические занятия предназначены для более глубокого усвоения теоретических вопросов путем экспериментальной проверки основных положений дисциплины.

К каждому очередному занятию необходимо изучить описание лабораторной работы и соответствующий теоретический материал по конспекту лекций и учебным пособиям.

Перед началом выполнения работы проводится проверка готовности студентов к ней. В случае неподготовленности студент к работе не допускается. Во время выполнения лабораторных и практических работ студенты должны строго выполнять правила безопасности и соблюдать дисциплину. Лица, нарушающие правила безопасности, от выполнения работы отстраняются.

Проводя те или иные испытания, необходимо стремиться получать достоверные результаты. Следует помнить, что небрежность в снятии показаний приборов и записях обычно приводит к неправильным выводам. При наличии грубых ошибок в испытаниях опыт или вся лабораторная работа должны быть переделаны. При вы-

полнении работы бригадой студенты должны распределить обязанности и периодически ими меняться. При этом все должны активно вникать в смысл проводимых испытаний. После этого студенты приступают к оформлению отчета.

Отчет по проведенной работе оформляется каждым студентом индивидуально. Отчет должен содержать: название работы, ее цель; таблицы, графики или иные результаты всех опытов, проведенных в работе; расчетные формулы и результаты вычислений; анализ результатов и выводы.

Отчеты оформляются в обычной тетради аккуратно, с использованием чертежных инструментов. Все графики должны быть выполнены в соответствующем масштабе и с обозначением величин. На графиках обязательно должны быть нанесены точки, по которым строились кривые.

### Управляемая самостоятельная работа студентов

Управляемая самостоятельная работа выполняется студентами дневной формы обучения в объеме 20 % академических часов аудиторных занятий, предусмотренных программой дисциплины. Рефераты, доклады являются формой отчета студентов дневного отделения о самостоятельной работе по отдельным темам учебного курса.

Подготовка реферата предполагает системное освещение студентом одного из узловых вопросов соответствующей темы в контексте ее общего содержания. Обнаруживаемые при этом всесторонность, глубина и содержательность изложения материала свидетельствуют о степени овладения студентом содержанием дисциплины в целом и уровне его осмысления, что учитывается преподавателями при проведении итоговой аттестации.

---

## МОДУЛЬ 1

---

### СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА. СУЩНОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**В результате изучения модуля студент должен:**

- **знать** основные принципы преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую; основные принципы преобразования энергии ветра, воды, биомассы в тепловую и электрическую;
- **уметь** исследовать основные технические характеристики фотоэлектрического преобразователя энергии солнечной батареи; исследовать основные показатели процесса газификации; определять качественные характеристики получаемого генераторного газа; определять показатели эффективности работы теплового насоса; определять экономическую эффективность замены светильников с лампами накаливания на светильники с компактными люминесцентными лампами;
- **характеризовать** схему производства электрической энергии на тепловой электрической станции (ТЭС);
- **объяснять (обосновывать)** принцип действия, конструкцию и область измерения приборов для учета за расходом всех видов ТЭР; принцип работы электростанций: теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), атомных электрических станций (АЭС).

### 1.1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

#### 1.1.1. Правовые основы энергосбережения

*Энергетика, энергосбережение и энергетические ресурсы (основные понятия). Информация и энергосбережение. Директива Президента Республики Беларусь №3. Республиканская программа энергосбережения на 2006–2010 гг. Нормативно-правовая база энергосбережения.*

В народно-хозяйственном комплексе Республики Беларусь сельское хозяйство определено приоритетной отраслью развития страны. Это обусловлено необходимостью обеспечения продовольственной безопасности республики, а также наращивания экспортного потенциала на мировом рынке продовольствия.

Распад общего экономического пространства СССР поставил перед сельским хозяйством Беларуси новые задачи и проблемы. Одной из основных проблем стало резкое возрастание цен на ТЭР и переход их в категорию импортной составляющей себестоимости продукции.

Конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции во многом определяется ее ресурсоэнергоемкостью, что особенно актуально для Беларуси, которая не имеет собственных крупных запасов энергоносителей и закупает их в других странах. Доля ТЭР в себестоимости продукции сельского хозяйства за последние 6–7 лет выросла в 8–10 раз и достигла 30–50 % в зависимости от специализации хозяйств при допустимом уровне в 8–12 %.

Одним из реальных путей снижения затрат ТЭР в сельском хозяйстве, является разработка новых ресурсосберегающих технологий и технических средств, в том числе позволяющих применять возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

Важнейший показатель конкурентоспособности сельскохозяйственной техники – это удельная экономия трудовых и материально-технических ресурсов. Она может быть достигнута за счет сокращения номенклатуры технических средств на основе совершенствования структуры машинно-тракторного парка (МТП), повышения доли комбинированных и универсальных машин, а также модернизации существующей техники.

**Тенденции изменения затрат ТЭР в сельском хозяйстве.** В последние 45–50 лет могут быть выделены два периода изменения затрат ТЭР в сельском хозяйстве Беларуси. Первый охватывает 1960–80-е гг. XX века и характеризуется интенсивным ростом энерговооруженности отрасли. Энерговооруженность труда в сельскохозяйственном производстве за этот период выросла в 3 раза. Это привело к снижению затрат труда на производство зерновых почти в 4 раза, сопровождалось ростом их урожайности более чем в 1,5 раза с соответствующим увеличением объемов валового производства. Рост суммарной мощности механических двигателей происходил за счет увеличения численности МТП хозяйств и их еди-

ничной мощности. Парк тракторов за период 1965–1980 гг. вырос с 55,4 до 117,2 тыс. шт., а средняя мощность двигателя трактора – с 34,0 до 47,9 кВт.

Пропорционально росту оснащенности предприятий сельского хозяйства техникой и транспортными средствами увеличился общий расход дизельного топлива, автомобильного бензина и других видов ТЭР на производство продукции (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Расход нефтепродуктов на производство продукции растениеводства в хозяйствах БССР

Культура	Расход нефтепродуктов, кг		
	1968–1970 гг.	1971–1975 гг.	1976–1980 гг.
Озимые зерновые	63 / 4,9	79 / 3,5	104 / 4,1
Картофель	239 / 1,9	246 / 1,8	312 / 2,2
Многолетние травы	32 / 1,3	32 / 1,1	40 / 1,4

*Примечание.* В числителе приведен расход на 1 га, в знаменателе – на 1 ц.

В 80-е годы количественный состав парка сельскохозяйственной техники стабилизировался и по отдельным типам машин изменялся незначительно, в основном, за счет поставки новых моделей. Парк зерноуборочных комбайнов в 1990 г. уменьшился на 10 % по сравнению с 1985 г., так как комбайны СК-5 «Нива» заменялись более мощными и производительными «Дон-1500». Вместе с тем, в этот период продолжался рост объемов потребления ТЭР предприятиями отрасли. В 1990 г. по сравнению с 1985 г. увеличилось потребление электрической энергии в 1,52 раза, дизельного топлива – на 5 % и автобензина – на 20 %. Общее абсолютное потребление ТЭР в сельском хозяйстве выросло за 5 лет в условном исчислении на 17 %.

Статистические данные, приведенные в таблице 1.2, показывают, что потребление ТЭР в сельском хозяйстве республики с 1990 по 1999 годы снизилось в 2,1 раза, в том числе дизельного топлива – в 1,97, автобензина – в 3,04 раза.

Основным путем развития отрасли должна стать дальнейшая ее интенсификация, обеспечивающая снижение удельных эксплуатационных и энергетических затрат.

Таблица 1.2

Потребление ТЭР в сельском хозяйстве  
Республики Беларусь

Годы	Электроэнергия, млрд.кВт·ч/тыс.т у.т.	Дизель- ное топливо, тыс.т/ тыс.т у.т.	Авто- бензин, тыс.т/ тыс.т у.т.	Всего энер- горе- сур- сов, тыс.т у.т.	Валовая продук- ция в сопоста- вимых ценах, млрд.руб	Энер- гоем- кость, кг у.т./руб	Рас- ход топ- лива на га паш- ни, кг у.т./га
1985	4,6 / 570,0	1258 / 1824,1	560 / 851,2	3245,3	13,20	0,246	523,4
1990	7,0 / 870,0	1325 / 1921,2	672 / 1021,4	3812,7	13,34	0,286	625,0
1994	5,7 / 701,1	893 / 1294,8	328 / 498,6	2494,5	10,14	0,246	402,3
1995	4,8 / 590,0	803 / 1164,3	265 / 402,8	2127,2	9,77	0,223	347,9
1996	4,5 / 560,1	783 / 1197,1	273 / 414,9	2132,1	9,91	0,215	343,9
1997	4,4 / 550,3	798 / 1157,2	276 / 419,5	2126,6	9,43	0,225	345,8
1998	4,3 / 530,2	753 / 1091,8	255 / 387,6	2009,4	9,37	0,214	326,7
1999	4,1 / 510,1	673 / 975,8	221 / 335,9	1821,7	8,60	0,212	296,2
2000	3,9 / 480,2	690 / 1000,5	203,4 / 309,2	1789,9	9,4	0,191	289,4
2001	3,8 / 460,1	604 / 875,8	157,2 / 238,9	1574,8	9,57	0,164	278,2

**Приоритетные направления ресурсосбережения механизированных технологий и технических средств.** Ресурсосбережение в глобальном масштабе связано, прежде всего, с решением проблемы энергосбережения, поиском новых видов энергии. Однако (до их появления) использование традиционных источников должно сопровождаться глубоко продуманной энергосберегающей политикой. Чтобы сберечь тонну сырья, топлива или материалов, нужно затратить в 3–4 раза меньше средств, чем получить ту же тонну первичных ресурсов. Об этом красноречиво свидетельствует

опыт развитых стран, которые за два последних десятилетия достигли в этом направлении существенных успехов.

Энергетика оказывает заметное влияние на технологии сельского хозяйства и на деятельность фирм, связанных с его материально-техническим обеспечением. Необходимость рационального использования энергии приводит к сокращению энергоемких технологий. Например, в Швеции резко сократилось производство травяной муки (из ранее действующих 35 предприятий осталось 10). Наметилась тенденция более широкого использования силоса, не только из-за стремления повысить ценность кормов, но и с точки зрения уменьшения энергетических затрат на сушку сена. Более широко начала применяться технология хранения влажного фуражного зерна с использованием химических и биологических консервантов. Планируется увеличение посевов бобовых культур, что позволит экономить азотные удобрения и тем самым энергию, связанную с их производством. При обработке почвы и севе шире стали применяться комбинированные орудия. Ведутся исследования по минимальной обработке почвы с целью снижения энергетических затрат. Большое значение придается регенерации и утилизации тепла, выделяемого животными, и тепла, используемого при сушке, сокращению тепловых потерь путем лучшей изоляции, использованию солнечных установок для сушки зерна, сена, обогрева помещений, биогазовых установок, тепла земли.

Конкурентоспособную продукцию растениеводства и животноводства в нынешних условиях невозможно получить без высокого уровня механизации технологических процессов. Необходимо оснастить село высокопроизводительной и надежной техникой, которая обеспечит высококачественное выполнение технологических операций, позволит снизить расход топлива и других ресурсов на единицу производимой продукции и сократить все виды потерь. Поэтому обоснование перспективных ресурсосберегающих механизированных технологий, прогнозирование рациональных параметров машин и агрегатов, формирование оптимальных составов и планов использования МТП – неперенные предпосылки успешного создания, производства и использования новой техники. Решение в совокупности всех этих проблем является одним из приоритетных направлений аграрной науки.

Наряду с техническими и технологическими направлениями энергосбережения важное место занимают мероприятия научно-методического, организационного и организационно-технического характера (таблица 1.3).

Таблица 1.3

## Пути снижения затрат ТЭР в сельском хозяйстве

Направления	Мероприятия
Научно-методические	Разработка и применение методов оценки ресурсоемкости новых технологий и технических средств на стадии НИОКР; создание новой техники
Организационные	Оптимальное комплектование МТП хозяйства; совершенствование методов использования техники; объективное планирование, учет и контроль за расходованием ТЭР на основе прогрессивных норм и нормативов; повышение квалификации специалистов и механизаторов
Организационно-технические	Стабильное функционирование системы технического обслуживания и эксплуатации МТП; применение новой техники, агроприемов, энергосберегающих технологий; минимизация потерь нефтепродуктов при хранении, транспортировке и заправке

Особое место среди мер по энергосбережению занимает замена традиционных энергоносителей (электроэнергии, жидких нефтепродуктов, газа) на ВИЭ или ВЭР. В этом случае достигается существенное снижение затрат энергии, улучшение экономических показателей.

**Основные направления политики энергосбережения в Республике Беларусь.** Нормативно-правовая база энергосбережения является одним из основных механизмов повышения эффективности использования ТЭР. Она создана в Республике Беларусь. В ее основе лежит Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». В развитие его правительством и другими республиканскими органами управления принято более 35 нормативно-технических документов, регулирующих деятельность юридических и физических лиц по эффективному использованию ТЭР и другим вопросам, связанным с реализацией государственной энергосберегающей политики. Кодексом Республики Беларусь об административных правонарушениях предусмотрена административная ответственность за нерациональное использование ТЭР.

Принятым в 1998 г. Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» (15 июля 1998 г. № 190-3) регулируются отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения в целях повышения эффективности

использования ТЭР, установлены правовые основы этих отношений. В нем подчеркнута, что энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь, и установлено, что объектами отношений в сфере энергосбережения являются физические и юридические лица (пользователи и производители ТЭР), осуществляющие следующие виды деятельности: добычу, переработку, производство, транспортировку, хранение, использование и утилизацию всех видов ТЭР; производство и поставку энергогенерирующих и энергопотребляющих оборудования, машин, механизмов и материалов, а также приборов учета, контроля, регулирования расходов ТЭР; проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, экспертных, специализированных, монтажных, наладочных, ремонтных, энергосберегающих и других видов работ, связанных с повышением эффективности использования и экономии ТЭР; реализацию мероприятий, связанных с развитием и применением ВИЭ, использование ВИЭ; информационное обеспечение юридических и физических лиц, подготовка кадров для сферы энергосбережения; разработку и внедрение эффективных систем управления энергосбережением и средств контроля за эффективным использованием ТЭР.

Законом определены основные принципы государственного управления в сфере энергосбережения, также указано, что необходимо обеспечить установление технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода топлива, которые должны в обязательном порядке включаться в технологические регламенты, технические паспорта, ремонтные карты, технологические инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции. Национальная система технического нормирования и стандартизации, сертификации обеспечивает контроль за соответствием продукции, работ, услуг, а также ТЭР требованиям эффективного энергопотребления. Кроме того, предусмотрено проведение государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений для определения их соответствия требованиям нормативной документации.

В целях оценки эффективности использования ТЭР и обеспечения их экономии предусмотрено проведение энергетических обследований субъектов хозяйствования, расположенных на территории Республики Беларусь, введена система нормирования расхода топлива и энергии.



Законом определены источники финансирования мероприятий по энергосбережению. Для производителей и пользователей ТЭР предусмотрена система получения льготных кредитов для проведения энергосберегающих мероприятий, определен порядок образования и использования фондов «Ресурсо- и энергосбережение» субъектами хозяйствования.

### Контрольные вопросы

1. Что означает термин «энергосбережение»?
2. Что означает термин «ТЭР»?
3. В чем отличие понятий «эффективное использование ТЭР» и «рациональное использование ТЭР»?
4. Кто является пользователем ТЭР?
5. Кто может выступать производителем ТЭР?
6. Кто относится к субъектам отношений в сфере энергосбережения?
7. За счет каких средств осуществляется финансирование мероприятий по энергосбережению?
8. Укажите законы и технические нормативные правовые акты (ТНПА), действующие в области энергосбережения.
9. Опишите эффективность использования и потребления энергии в Республике Беларусь?

### 1.1.2. Экологические аспекты энергосбережения

*Взаимосвязь экологии и энергосбережения. Классификация и основные характеристики атмосферных выбросов при сжигании топлива, их влияние на окружающую среду и человека. Экологические проблемы ядерной энергетики. Парниковый эффект.*

Энергосбережение имеет важное значение для сдерживания ряда негативных экологических процессов, порождаемых развитием энергетики. Увеличение производства и потребления человеком тепловой и электрической энергии интенсифицирует энергетические процессы на планете и изменяет естественный порядок их протекания. В результате в биосфере нарастает энергетический хаос, который провоцирует местные и глобальные климатические изменения и сопро-

вождается локальной трансформацией ряда естественных геофизических параметров среды на отдельных пространствах (электромагнитных полей, акустического фона и некоторых других). Нарастание климатических изменений требует адаптации к ним природных и социальных систем, а изменения физических констант сред приобретают опасный характер для многих живых организмов и человека.

**Экологические последствия реализации основных способов получения энергии.** Уголь является весьма неэкологичным видом топлива. При его сжигании воздух в больших объемах загрязняется пылевыми частицами и мелкодисперсными аэрозолями, которые снижают уровень поступления солнечного света к земле, а также становятся ядрами конденсации для паров воды и тем самым способствуют формированию осадков. Попадая в органы дыхания, продукты сгорания угля провоцируют различные респираторные заболевания. Следствием загрязнения воздуха окислами азота и двуокисью серы являются так называемые «кислотные дожди». Кроме того, окислы азота являются парниковыми газами.

Газ является относительно «чистым» топливом для ТЭС. При применении специальных технологий его сжигания в топках исключается образование оксидов азота.

Экологически значимым следствием работы ТЭС является также тепловое загрязнение природной среды. ТЭС являются источником термальных (подогретых) вод, которые образуются в результате использования водных масс в качестве охладителя технологических установок. Происходящий в результате слива термальных вод сброс тепла в водоемы изменяет условия жизнедеятельности гидробионтов (обитателей воды), что сказывается на их количественном и видовом составе: происходит сокращение численности и гибель одних гидробионтов и размножение других, в особенности, водорослей. Из-за недостатка кислорода вследствие снижения его растворимости в условиях подогрева воды замедляются процессы самоочищения водных масс от растворенных органических веществ и усиливаются процессы заиления водоемов.

В результате деятельности энергообъектов, работающих на твердом топливе, образуются значительные объемы золы, а также шлаков, которые не находят хозяйственного применения. Их складирование требует изъятия территорий, которые при этом теряют свои природные характеристики и надолго выпадают из полезного использования. В зависимости от состава используемого топлива и,

соответственно, образуемых им отходов отчуждаемые для их хранения территории могут стать очагами накопления тяжелых металлов и радиоактивных элементов.

**Освоение гидроэнергетического потенциала рек.** Масштабное освоение гидроэнергетического потенциала рек требует строительства множества ГЭС приплотинного типа. Создание водохранилищ, особенно крупных и в равнинных регионах, связано с отчуждением значительных площадей, как правило, плодородных пойменных земель вследствие их затопления. При этом исчезают своеобразные пойменные экосистемы, теряются пастбища, луга, а иногда и пахотные земли, а также другие объекты производственного и социально-культурного назначения.

Создание водохранилищ влияет на подземный водный режим и, как правило, приводит к подъему грунтовых вод в прибрежной зоне. Вследствие этого происходит подтопление и заболачивание сопредельных низинных территорий.

Следствием накопления в крупных водохранилищах больших объемов водных масс является уплотнение подпочвенных геологических структур и, нередко, проседание поверхности литосферы. В некоторых горных районах после создания крупных водохранилищ отмечено повышение сейсмичности земной коры.

Многие из природных изменений, обнаруживаемых вследствие развития гидроэнергетики, оценивать однозначно как негативные или позитивные проблематично. Регулируя речной сток, гидроэлектростанции предотвращают наводнения в период весеннего паводка и в случаях выпадения ливневых осадков, а также обмеление рек в условиях наступления засухи. В то же время крупная гидроэнергетика потенциально опасна ввиду возможных катастрофических последствий разрушения плотин крупных ГЭС вследствие чрезвычайных обстоятельств.

**Экологические проблемы в ядерной энергетике.** Ядерная энергетика является относительно «чистым» видом энергетике. Основным экологически значимым явлением, сопровождающим эксплуатацию ядерных реакторов, является их тепловое воздействие на природную среду.

Опасность используемого сырья и потенциальные риски применяемых технологий составляют специфические проблемы ядерной энергетике. В районах добычи и производства урана отмечается повышенная заболеваемость. При работе АЭС возможны газообразные выбросы, содержащие радиоактивные компоненты. Далеко идущи-

ми пагубными последствиями для людей чреватые нештатные ситуации при эксплуатации ядерных реакторов. Аварии на АЭС можно считать наиболее опасными из возможных аварий на энергетических объектах.

Проблема утилизации радиоактивных отходов болезненна для ядерной энергетике. Образующиеся в ходе эксплуатации ядерных реакторов объемы отработанного топлива невелики, но лишь незначительная часть их подвергается переработке, а основная масса требует захоронения, которое сопряжено со значительным риском и порождает проблемы технико-экономического и политического характера. Кроме того, большое количество низкоактивных радиоактивных отходов требуется обезвреживать при демонтаже выводимых из эксплуатации реакторов, плановый срок службы которых составляет от 40 лет и более.

**Экологические аспекты развития альтернативной энергетике.** Альтернативная энергетике основывается, преимущественно, на использовании неисчерпаемых ресурсов и ВИЭ, освоение которых способно предотвратить возможный энергетический кризис будущего вследствие ограниченности запасов невозполняемых источников энергии (НИЭ).

**Ветроэнергетике.** Ветроэнергетические установки способны производить значительную вибрацию, шум и генерировать интенсивный инфразвук, воздействие которого не выдерживают организмы животных и человека. Инфразвуковая нагрузка вызывает постоянное угнетенное состояние, чувство дискомфорта и беспокойства. В ныне создаваемых ветроэнергоустановках эти побочные эффекты довольно успешно устраняются, благодаря чему некоторые из современных ветроагрегатов могут даже устанавливаться на крышах домов и производственных зданий, но территории, где размещены и действуют ветроэнергетические установки большой мощности, оказываются, практически, непригодными для проживания.

**Гелиоэнергетике.** Хотя сами процессы улавливания и преобразования солнечной энергии очень экологичны, изготовление некоторых элементов используемого при этом электрогенерирующего оборудования требует применения высокотоксичных веществ, их производство достаточно опасно и сопровождается вредными выбросами в окружающую среду. Солнечные коллекторы занимают большие площади. При этом сооружаются значительные по размерам фокусирующие отражатели, которые занимают более 10 % площади гелиоконденсаторной станции. Изменяя коэффициент отра-

жения земной поверхности, это может приводить к нарушению теплового баланса региона.

**Геотермальная энергетика.** Имеет место токсичность и химическая агрессивность природных носителей геотермальной энергии – горячей воды, пара и паровоздушных смесей.

### Контрольные вопросы

1. Объясните экологические аспекты энергетики и энергосбережения.
2. Укажите классификацию и основные характеристики атмосферных выбросов при сжигании топлива и объясните их влияние на окружающую среду и человека.
3. Объясните суть явления «парниковый эффект».
4. Какое влияние оказывают выбросы технологического тепла и влаги, какова взаимосвязь экологии и энергосбережения?
5. Назовите экологические проблемы ядерной энергетики.
6. Укажите пути и способы минимизации негативного влияния на окружающую среду современной энергетики.

### 1.1.3. Традиционные способы получения тепловой и электрической энергии

*Способы получения тепловой и электрической энергии. Тепловые электрические станции (ТЭС) и АЭС, паротурбинные установки (ПТУ), конденсационные электрические станции (КЭС) и ТЭЦ с комбинированной выработкой тепла и электрической энергии, когенерные установки.*

Одним из наиболее совершенных видов энергии является электроэнергия. Ее широкое использование обусловлено следующими факторами: возможностью выработки электроэнергии в больших количествах вблизи месторождений и водных источников; возможностью транспортировки на дальние расстояния с относительно небольшими потерями; возможностью трансформации электроэнергии в другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую; отсутствием загрязнения окружающей среды; возможностью применения на основе электроэнергии принципиально новых прогрессивных технологических процессов с высокой степенью автоматизации.

Тепловая энергия широко используется на современных производствах и в быту в виде энергии пара, горячей воды, продуктов сгорания топлива.

Электрическая и тепловая энергия производится на: ТЭС на органическом топливе с использованием в турбинах водяного пара (ПТУ), продуктов сгорания в газотурбинных установках (ГТУ), их комбинаций – парогазовых установках (ПГУ); ГЭС, использующих энергию падающего потока воды, течения, прилива; АЭС, использующих энергию ядерного распада.

ТЭС можно разделить на КЭС, производящие только электроэнергию (они называются также ГРЭС), и ТЭЦ – электрические станции с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии.

**Производство электроэнергии на ТЭС.** Схема производства электрической энергии на ТЭС, работающей на твердом топливе, приведена на рис. 1.1.

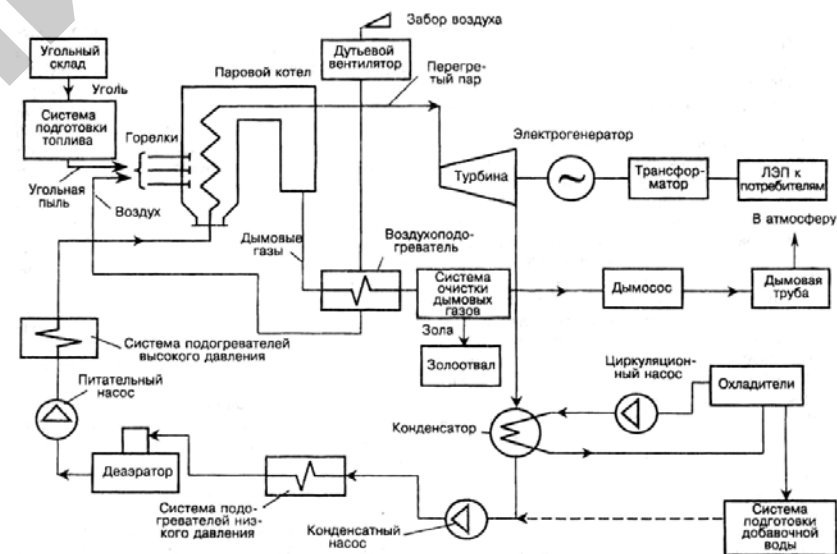


Рис. 1.1. Схема производства электрической энергии на ТЭС

Современные ТЭС имеют преимущественно блочную структуру. ТЭС с блочной структурой составляется из отдельных энергоблоков. В состав каждого энергоблока входят основные агрегаты — турбинный и котельный и связанное с ними непосредственно вспомо-

могательное оборудование. Турбина вместе с котлом, питающим ее паром, образует моноблок.

Уголь поступает со склада в систему подготовки топлива, в которой он дробится, подсушивается и размалывается, превращаясь в угольную пыль. В таком виде топливо поступает в горелки, в которых смешивается с подогретым воздухом, подаваемым дутьевым вентилятором из атмосферы. Если используется жидкое топливо (мазут), то оно подогревается до 100–140 °С и распыляется в форсунках. Забор воздуха производится зимой снаружи, а летом — из верхней части помещения котельного цеха.

Устройства для предварительного подогрева воздуха называются калориферами. Здесь температура воздуха достигает 70–80 °С. Воздух, необходимый для поддержания процесса горения, подогревается далее в воздухоподогревателе за счет теплоты дымовых газов, образующихся при сгорании топлива, до 250–400 °С в зависимости от вида топлива и режима горения.

Топливо сгорает в топочной камере парового котла с выделением теплоты. Эта теплота передается рабочему телу — воде, превращая ее сначала в насыщенный пар (пар, имеющий температуру кипящей жидкости, из которой он получен), а затем в перегретый (имеющий температуру более высокую, чем температура кипения жидкости при данном давлении), обладающий большой энергией.

Паровой котел представляет собой систему теплообменников, в которых производится в требуемом количестве пар заданных параметров из непрерывно поступающей воды за счет теплоты, получаемой при сжигании органического топлива. Поступающая в котел вода называется питательной водой. Подогрев питательной воды до температуры насыщения (кипения) происходит в экономайзере, процесс парообразования — в зоне испарительной (парообразующей) поверхности нагрева, перегрев пара — в пароперегревателе.

Температура в зоне активного горения в топочной камере может достигать 1500–1800 °С в зависимости от вида сжигаемого топлива и режима горения. Средняя температура продуктов сгорания в топочной камере составляет 1300–1400 °С. Покидают топочную камеру газы с температурой 900–1200 °С. Пройдя через перегреватели, газы охлаждаются до 800–900 °С (после ширмового пароперегревателя) и далее до 500–600 °С после конвективного и промежуточного пароперегревателей.

Современные энергетические котлы высокого давления производят пар давлением 10 и 14 МПа с температурой 540 °С и 560 °С, а

котлы сверхкритического давления — пар с давлением 25,5 МПа с температурой 545 °С.

Паропроизводительность котла определяется количеством пара, вырабатываемого паровым котлом в единицу времени (т/ч). Современные паровые котлы имеют широкий диапазон паропроизводительности от 120 до 3950 т/ч. Для энергоблоков мощностью 300, 500, 800 МВт применяются котлы паропроизводительностью 950, 1650, 2650 т/ч соответственно. В блоке мощностью 1200 МВт работает котел паропроизводительностью 3950 т/ч. В Беларуси в настоящее время максимальная мощность энергоблоков составляет 300 МВт. Габариты таких котлов (950 т/ч): ширина — 19–24 м, глубина — 24–36 м, высота — 42–63 м.

Энергия пара приводит во вращение ротор паровой турбины. Турбина представляет собой ротационный тепловой двигатель лопаточного типа. Струя рабочего тела поступает через направляющие аппараты-сопла на криволинейные лопатки, закрепленные на окружности рабочего колеса, и, поворачиваясь, выходит из них. За счет поворота потока возникает окружная сила, создающая крутящий момент, приводящий во вращение рабочее колесо, закрепленное на валу. В процессе расширения рабочего тела в соплах потенциальная энергия переходит в кинетическую, что сопровождается увеличением скорости потока. Расширяясь в ступенях турбины, пар совершает работу. Механическая энергия вращения вала турбины передается электрогенератору, вырабатывающему электроэнергию, которая после повышения напряжения в трансформаторе направляется по линиям электропередачи к потребителю. Продукты сгорания топлива, пройдя через газовый тракт котла (перед экономайзером температура газов составляет 500–600 °С, перед воздухоподогревателем — 300–450 °С) и отдав свою теплоту поверхностям нагрева котла (за воздухоподогревателем газы имеют температуру 110–160 °С), поступают в систему очистки дымовых газов (золоуловители), а затем дымососом подаются в дымовую трубу и далее рассеиваются в атмосфере. Зола, уловленная в системе очистки, вместе со шлаком, образующимся в топочной камере, направляется на золоотвал. Часть золы выпадает в нижнюю часть топки в виде шлака. Удаление уловленной золы и шлака производится непрерывно или периодически устройствами систем золоудаления и шлакоудаления.

Отработавший в турбине пар подается в конденсатор, где конденсируется, отдавая тепло охлаждающей воде, перекачиваемой циркуляционным насосом из охладителей, в качестве которых слу-

жат градирни, пруды-охладители или естественные водоемы — озера, реки, водохранилища.

Конденсатор — теплообменный аппарат, предназначенный для превращения отработавшего в турбине пара в жидкое состояние — конденсат. Конденсация пара происходит в результате соприкосновения его с поверхностью тела, имеющего более низкую температуру, чем температура насыщения пара при давлении в конденсаторе. Конденсация пара сопровождается выделением теплоты, затраченной ранее на испарение жидкости, которая отводится с охлаждающей водой. Пар, поступающий из турбины, конденсируется на поверхности конденсаторных трубок, внутри которых протекает охлаждающая вода. Образующийся конденсат стекает в нижнюю часть конденсатора. За счет резкого уменьшения удельного объема пара создается низкое давление отработавшего пара (вакуум). Чем ниже температура охлаждающей воды и чем больше ее расход, тем более глубокий вакуум можно получить в конденсаторе. Обычно давление в конденсаторе составляет 0,004 МПа. Образующийся конденсат откачивается из конденсатора конденсатным насосом и поступает в систему подогревателей низкого давления, где подогревается паром, отбираемым из турбины, затем в деаэратор, в котором освобождается от содержащихся газов — кислорода, углекислого и некоторых других, и дополнительно подогревается отборным паром; наконец, деаэрированная вода питательным насосом подается в систему подогревателей высокого давления, после подогрева в которых паром высокого давления из отборов турбины поступает в котел. Цикл замыкается. Потери рабочего тела компенсируются очищенной в системе водоподготовки добавочной водой.

ТЭЦ отпускают электроэнергию потребителю, так же как и КЭС, и кроме этого тепловую энергию в виде пара и горячей воды для технологических нужд производства и горячей воды для коммунально-бытового потребления (отопление, горячее водоснабжение). При такой комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в тепловую сеть отдается, главным образом, теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что приводит к снижению расхода топлива на 25–30 % по сравнению с отдельной выработкой электроэнергии на КЭС и теплоты в районных котельных. Поскольку для производственных и бытовых нужд требуется пар или вода в относительно широком диапазоне температур и давлений, на ТЭЦ применяются теплофикационные турбины различных типов в зависимости от характера потребления теплоты: с ухуд-

шенным вакуумом; с противодавлением; с отбором пара (производственный отбор и теплофикационный отбор).

**Районные котельные** предназначены для централизованного теплоснабжения промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, а также для покрытия пиковых тепловых нагрузок в теплофикационных системах. Сооружение их требует меньших капиталовложений и может быть проведено в более короткие сроки, чем сооружение ТЭЦ той же тепловой мощности. Поэтому во многих случаях теплофикацию районов начинают со строительства районных котельных. До ввода в работу ТЭЦ эти котельные являются основным источником теплоснабжения района. После ввода ТЭЦ они используются в качестве пиковых. Котельные сооружают на площадках ТЭЦ или в районах теплотребления. В них устанавливают водогрейные котлы или паровые котлы низкого давления (1,2–2,4 МПа).

**АЭС.** Тепловые схемы АЭС зависят от типа реактора, вида теплоносителя, состава оборудования. Тепловые схемы могут быть одно-, двух- и трехконтурными.

В одноконтурных схемах (рис. 1.2) пар вырабатывается непосредственно в реакторе. Полученная пароводяная смесь (паросодержанием до 15 %) подается в барабан-сепаратор, отсепарированный насыщенный пар поступает в паровую турбину. Отработавший в турбине пар конденсируется, и конденсат циркуляционным насосом подается в реактор. Одноконтурная схема наиболее проста в конструктивном отношении и достаточно экономична. Однако рабочее тело на выходе из реактора становится радиоактивным, что предъявляет повышенные требования к биологической защите и затрудняет проведение контроля и ремонта оборудования.

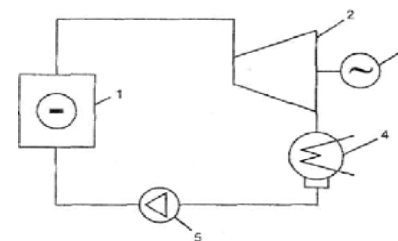


Рис. 1.2. Тепловая схема одноконтурной атомной электростанции:  
1 — ядерный реактор; 2 — турбина; 3 — электрогенератор;  
4 — конденсатор; 5 — питательный насос

В двухконтурных схемах (рис. 1.3) существуют два самостоятельных контура. Контур теплоносителя – первый; контур рабочего тела – второй. Общее оборудование обоих контуров – парогенератор. Нагретый в реакторе теплоноситель поступает в парогенератор, где отдает свою теплоту рабочему телу и при помощи главного циркуляционного насоса возвращается в реактор. В первом контуре находится компенсатор объема, который регулирует поддержание давления в контуре при изменении температуры. Давление в первом контуре значительно выше, чем во втором. Полученный в парогенераторе пар подается в турбину, совершает в ней работу, конденсируется, конденсат питательным насосом подается в парогенератор. Наличие парогенератора хотя и усложняет установку и уменьшает ее экономичность, но препятствует появлению радиоактивности во втором контуре.

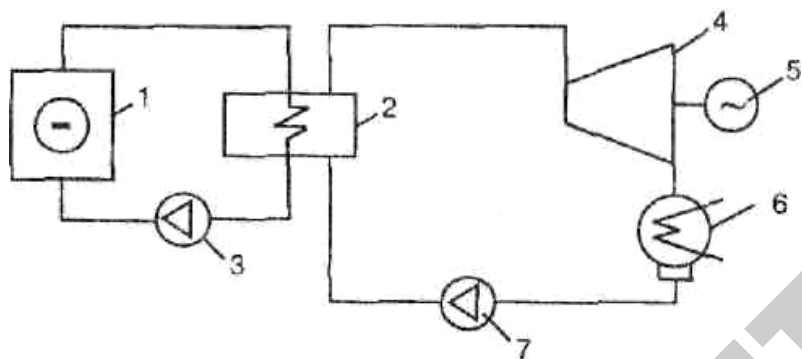


Рис. 1.3. Тепловая схема двухконтурной атомной электростанции:  
1 – ядерный реактор; 2 – теплообменник-парогенератор; 3 – главный циркуляционный насос; 4 – турбина; 5 – электрогенератор; 6 – конденсатор;  
7 – питательный насос

В трехконтурной схеме теплоносителями первого контура служат жидкие металлы, например, натрий. Радиоактивный натрий первого контура из реактора направляется в теплообменник, где отдает теплоту натрию промежуточного контура, и циркуляционным насосом возвращается в реактор. Давление натрия в промежуточном контуре выше, чем в первом, для исключения утечек радиоактивного натрия. Натрий промежуточного контура отдает теплоту

в парогенераторе рабочему телу (воде) третьего контура. Образующийся в парогенераторе пар поступает в турбину, совершает работу, конденсируется и питательным насосом подается в парогенератор. Трехконтурная схема требует больших затрат, но обеспечивает безопасную эксплуатацию реактора.

**ГТУ.** Всякий тепловой двигатель предназначен для превращения теплоты в механическую работу. Наиболее распространенные в технике тепловые двигатели по способу подвода теплоты (сжигания топлива) разделяются на двигатели внутреннего и внешнего сгорания.

В двигателях внешнего сгорания топливо сжигается вне теплового двигателя в специальных устройствах (паровом котле), а превращение теплоты пара в работу происходит в паровой турбине. В двигателях внутреннего сгорания рабочими телами являются газообразные продукты сгорания топлива. К двигателям внутреннего сгорания относятся газовые турбины и поршневые двигатели внутреннего сгорания. ГТУ достаточно компактны, маневренны, используются в теплоэнергетике как пиковые и резервные установки. Воздушный компрессор сжимает воздух адиабатно (без подвода теплоты), повышая его давление и температуру, и подает его в камеру сгорания, в которую топливный насос дозированно впрыскивает горючее. В камере сгорания осуществляется подвод теплоты при постоянном давлении (сжигание топлива), температура при этом растет. Образующиеся продукты сгорания топлива подаются в газовую турбину. В газовой турбине продукты сгорания расширяются адиабатно (без подвода теплоты) и совершают техническую работу. При этом давление и температура падают. Далее продукты сгорания выбрасываются в атмосферу. Значительная часть технической работы газовой турбины (примерно 2/3) расходуется на привод компрессора, расположенного на том же валу. Остальная часть технической работы (полезная работа) идет на выработку электроэнергии в электрогенераторе. Температура газов перед турбиной составляет 800–900 °С (для авиационных турбин – до 1200 °С), поэтому необходимо использование жаропрочных материалов.

**ПГУ.** Поскольку в газовом цикле ГТУ температура газов перед турбиной составляет 800–900 °С, а после турбины примерно 350 °С (в цикле паросиловой установки температура перегретого пара перед турбиной — 540–565 °С; температура воды в конденсаторе – 25–28 °С), видно существенное различие в температурном уровне

рабочих температур рассмотренных циклов. Термический КПД идеального цикла Карно тем выше, чем выше температура подвода тепла и чем ниже температура отвода тепла. Для повышения эффективности предлагается комбинированный (бинарный) цикл, в котором работают два рабочих тела: газ — в верхней части цикла, пар — в нижней. Такой цикл называется циклом ПГУ.

Воздух из атмосферы поступает в компрессор, где сжимается адиабатно с повышением температуры, и подается в камеру сгорания, куда при помощи топливного насоса впрыскивается топливо. В камере сгорания при постоянном давлении происходит горение топлива (подвод теплоты), образовавшиеся в результате горения газы поступают в газовую турбину, где, расширяясь адиабатно на лопатках турбины, производят работу. Температура и давление газов падают. Отработанные горячие газы после газовой турбины с температурой 350 °С поступают в подогреватель, где отдают часть теплоты для подогрева питательной воды, поступающей в котел, охладившись при этом, сбрасываются в атмосферу. Питательная вода воспринимает эту теплоту при постоянном давлении, что приводит к уменьшению расхода топлива при производстве пара в котле. Далее в котле из питательной воды образуется пар, перегревается и поступает в паровую турбину с температурой 540 °С. В паровой турбине пар расширяется адиабатно на лопатках, производя техническую работу. Его давление и температура при этом падают. Отработавший в турбине пар поступает в конденсатор, где конденсируется при постоянном давлении, а образовавшийся конденсат при помощи насоса направляется сначала в подогреватель, где воспринимает тепло отработавших в газовой турбине газов, а затем в паровой котел. Расходы пара и газа подбираются таким образом, чтобы вода воспринимала максимальное количество теплоты газов. Термический КПД таких установок свыше 60 %.

#### Контрольные вопросы

1. Какие Вы знаете виды электрических станций?
2. Назовите виды тепловых электростанций, объясните их принципиальные отличия друг от друга.
3. В чем преимущества комбинированного производства электрической и тепловой энергии?

4. Объясните принцип действия ТЭС.
5. Каково Ваше мнение о целесообразности строительства в Беларуси АЭС? Аргументируйте свой ответ.
6. Что такое газотурбинная установка? Назовите ее свойства и области применения.
7. Что такое парогазовые установки?

#### 1.1.4. Возобновляемые источники энергии

*Классификация ВИЭ и их использование в технологиях сельского хозяйства. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую. Ветроэнергетика. Энергия биомассы, жидкое биотопливо. Газогенераторные электростанции, анаэробная переработка биомассы. Гидроэнергетика. Геотермальная энергия. Естественный холод.*

**Опыт и перспективы применения в сельском хозяйстве ВИЭ.** История человечества показывает, что каждый новый этап цивилизации возникал благодаря применению нового вида энергии. Уровень развития общества, его производительных сил обеспечивался, прежде всего, энергетической базой. Сегодня, когда в развитых странах находит широкое применение ядерная энергия, то в странах, находящихся на противоположном полюсе развития, основной энергетикой является мускульная сила человека и домашних животных. При этом надо отметить, что переход в технически развитом обществе от энергии угля к энергии ядра урана имеет меньшее значение, чем переход на заре технического века от энергии лошади к энергии ветра и воды. Можно сказать, что только тогда, когда человек смог привлечь к своей деятельности естественные силы природы, ее возобновляемую энергию, он стал на путь настоящего развития.

Потребность в освоении и развитии ВИЭ по мере возрастания потребности в топливе, особенно в нефти и газе, становится все более очевидной. Это особенно актуально для стран, отнесенных к категории развивающихся, имеющих интенсивный прирост населения.

Непрерывный рост цен на энергоносители – это лишь внешнее проявление объективных причин, имеющих глубокий и глобальный характер.

Для Беларуси энергетическая проблема стоит особенно остро, так как энергоемкие отрасли промышленности (химическая и нефтехимическая, машиностроение и металлообработка, производство строительных материалов) лишь на 10–13 % могут удовлетворить свои потребности энергетическими ресурсами страны.

Оценим потенциальные возможности ВИЭ, предполагая, что при рациональном ее использовании для создания комфортных условий жизни требуется в среднем источник мощности 2 кВт на человека. С каждого квадратного метра земной поверхности можно получать, используя различные ВИЭ, в среднем 500 Вт мощности. Если считать, что эффективность преобразования этой энергии в удобную для потребления форму всего 4 %, то для мощности 2 кВт требуется площадь 100 м<sup>2</sup>. Средняя плотность населения в городах, с учетом пригородной зоны, составляет около 500 человек на 1 км<sup>2</sup>. Для обеспечения их энергией из расчета 2 кВт на человека необходимо с 1 км<sup>2</sup> снимать 1000 кВт, т. е. достаточно всего 5 % занимаемой ими площади. Таким образом, ВИЭ могут вполне обеспечить удовлетворительный уровень жизни, если будут найдены приемлемые по стоимости методы ее преобразования.

Примером ВИЭ могут быть: солнечное излучение; движение и притяжение Солнца, Луны и Земли; тепловая энергия ядра Земли, а также химических реакций и радиоактивного распада в ее недрах.

Многие исследователи отмечают, что большинство ВИЭ наиболее реально применять в сельском хозяйстве.

Сравнивая характеристики энергосистем, использующих возобновляемые и невозобновляемые источники энергии (таблица 1.4), можно отметить, что применение возобновляемой энергии предпочтительно в сельском хозяйстве именно по совокупности характеристик. Для сельского хозяйства характерно сезонное использование энергооборудования сравнительно небольшой мощности, легко перемещаемого и мало зависящего от питающих сетей. При этом важна экологическая безопасность применения установок. Ресурсы возобновляемой энергии огромны и доступны каждой стране. Количество солнечной энергии, поступающей на территорию России за неделю, превышает энергию всех российских запасов нефти, газа, угля и урана, несмотря на то, что Россия обладает 40 % мировых ресурсов природного газа, 30 % – угля и 13 % – нефти.

Сравнение характеристик энергосистем на возобновляемых и истощаемых источниках энергии

Характеристики энергосистемы	На возобновляемых источниках энергии	На истощаемых источниках энергии
1	2	3
Примеры источника Местонахождение	Ветер, солнце, приливы Окружающая природная среда	Уголь, нефть, газ Сосредоточенные месторождения
Естественная форма существования	Потоки энергии	Потенциальная, связанная энергия
Начальная интенсивность	Низкая интенсивность, рассеянная энергия с плотностью 300 Вт/м <sup>2</sup> и меньше	Высокая интенсивность до 100 кВт/м <sup>2</sup> и выше
Время истощения	Бесконечное	Конечное
Стоимость потребляемой энергии	Бесплатно	Непрерывно возрастает (более 0,01 долл. США за 1 кВт·ч.)
Стоимость оборудования	Высокая, примерно 2000 дол. за 1 кВт установленной мощности	Средняя, примерно 500 дол. за 1 кВт
Стабильность и управляемость	Стабильность выходной мощности низкая, лучший метод управления – управление нагрузкой с прямой связью	Стабильность высокая, лучший метод управления – управление расходом с обратной связью
Ограничения для использования Размеры	Особенности местных условий и спроса на энергию Небольшие системы экономичны, в больших возникают трудности	Без ограничений  Крупные системы обычно предпочтительнее
Научные основы использования источников	Широкий диапазон различных областей науки и техники, в том числе биологической и сельскохозяйственной	Узкий диапазон, в основном электротехника и механика
Области применения	Сельскохозяйственное производство	Промышленность
Безопасность эксплуатации	Во время работы есть опасные зоны, в выключенном состоянии обычно безопасны	Без специальных мер защиты опасность высокая, особенно при холостом режиме



Окончание таблицы 1.4

1	2	3
Автономность	Самообеспечены источниками энергии	Зависят от поставок топлива
Влияние на окружающую среду	Обычно небольшое, особенно на небольших установках	Как правило, окружающая среда загрязняется, особенно воздух и вода
Эстетичность	Обычно достаточно эстетичны, хотя возможны исключения	Эстетичны только сравнительно небольшие установки

Работы по внедрению ВИЭ активно ведутся в сельском хозяйстве Литвы. В 2010 г. планируется довести в энергобалансе долю ВИЭ до 12 %, сегодня она находится на уровне 3 %. Построены котельные общей мощностью 3,0 МВт, работающие на соломе, и биогазовая установка с объемом реакторов 3×300 м<sup>3</sup>. Ведется проработка технологии получения биодизельного топлива из рапса с годовым объемом производства до 100 тыс. т.

В Республике Польша также активно развивается использование в качестве топлива для котлов биомасса в виде древесных отходов и соломы. Общее количество таких котлов превышает 500 единиц с общей мощностью свыше 500 МВт.

Основным видом ВИЭ сейчас является биомасса – 12 %, далее гидроэнергия – 6 %, солнечная, ветровая и другие возобновляемые энергоресурсы – менее 2 %.

Следующие новые технологии возобновляемой энергетики рассматриваются как перспективные: технологии выращивания и уборки энергетических плантаций биомассы с урожайностью до 45 т/га сухой биомассы; газификация биомассы с получением теплоты и электроэнергии в ГТУ и дизельных электрогенераторах; получение жидкого и газообразного топлива из биомассы методом быстрого пиролиза; бесплотинные и низконапорные малые гидроэлектростанции; бесхлорные технологии получения солнечного кремния из сверхчистых кварцитов для солнечных электростанций; фотоэлектрические станции, встроенные в крыши и фасады зданий; солнечно-водородные установки с электролизерами высокого давления и топливными элементами на основе твердых полимерных электродов; новые технологии концентрации солнечной энергии в солнечно-топливных электростанциях и солнечных тепловых установках с использованием статических призмных и голографиче-

ских концентраторов; бесшумные экологически чистые ВЭС; экологически чистые автомобили и тракторы с двигателями, работающими на биотопливе; электрический транспорт с использованием вентильного управляемого электропривода и однопроводной системы передачи электроэнергии от энергосистем с возобновляемыми источниками энергии.

Оценивая мировой опыт, а также учитывая собственные исследования, предлагаем следующую классификацию возможностей применения ВИЭ в сельском хозяйстве республики (таблица 1.5).

Таблица 1.5

Классификация возможностей применения ВИЭ в сельском хозяйстве Беларуси

Вид энергии	Возможности использования энергии
Солнечная энергия	Фотоэлектропреобразователи: электроснабжение автономных объектов: электропастухи, электронасосы, передвижные доильные установки на летних пастбищах, электрострижка овец, бытовое потребление и т. д.; гелиоподогрев воды: молочно-товарные фермы; бытовые нужды животноводческих комплексов, мастерских и т. д.; инкубаторы рыбных хозяйств; гелиоподогрев воздуха: сушка кормовых материалов, зерна, пряно-ароматического сырья, табака, древесины и т. д.
Ветровая энергия	Ветроэлектростанции: энергообеспечение автономных объектов, удаленных от сетей энергоснабжения; ветроагрегаты механические: водоподъем из скважин неглубокого залегания и на мелиоративных объектах
Гидроэнергия	Гидроэлектростанции: получение электроэнергии для использования на производственные и бытовые цели
Геотермальная энергия	Глубинные скважины: обогрев сооружений закрытого грунта для производства овощей; обогрев бытовых и производственных помещений
Естественный холод	Охладители жидкостные: охлаждение молока на МТФ; поддержание режима хранения мясомолочной и плодоовощной продукции в осенне-зимний сезон; охладители воздушные: поддержание режима хранения в хранилищах в осенне-зимний период

Вид энергии	Возможности использования энергии
Биомасса	Установки прямого сжигания: обогрев помещений бытовых и производственных; получение технологического тепла и пара; сушка зерна и другие тепловые процессы; биогазовые установки: получение биогаза для сжигания в тепловых установках; получение электроэнергии на дизельгенераторах; обеспечение работы мобильной сельхозтехники; установки быстрого пиролиза: получение жидкого моторного топлива; установки получения жидкого топлива: получение биодизеля из растительного масла; получение этанола или метанола для использования в карбюраторных двигателях

Анализируя возможные направления применения ВИЭ, можно отметить, что в Республике Беларусь используются следующие виды оборудования: гелиоводоподогреватели ГВП-20, «Гелекс-150», ГДМ-200 и ряд других. Они позволяют экономить за летний сезон 270–450 кВт/м<sup>2</sup>. Для обеспечения сельского хозяйства республики электроэнергией необходимо иметь площадь гелиофотоэлектрических батарей примерно 17,2 км<sup>2</sup> или 15 га на каждый район. Для удовлетворения технологических и бытовых нужд низкопотенциальной тепловой энергией путем воздухо- и водонагрева необходимо 4,8–5,0 млн м<sup>2</sup> гелиоколлекторов, что позволит сэкономить 1,8 млрд кВт·ч энергии, расходуемой сегодня на эти цели.

Одним из наиболее предпочтительных ВИЭ для Республики Беларусь является солнечная энергия. Она требует значительно меньших капиталовложений по сравнению с ветровой, гидроэнергией и биогазовыми установками. Гелиооборудование просто в обслуживании, не содержит движущихся элементов, пожаробезопасно и экологически безвредно. Вероятным путем расширения применения солнечной энергии в сельском хозяйстве Беларуси является массовое использование в быту сельского населения гелиоводоподогревателей. Расчеты показывают, что внедрение в практику только 25 тыс. гелиоустановок площадью 1,5–2,0 м<sup>2</sup> позволяет обеспечить горячим водоснабжением около 100000 человек и улучшить условия жизни этого населения, сократить выбросы вредных газов (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>), сажи на 2,0–2,5 тыс. т в год; дополнительно ввести в энергобаланс республики 25–30 млн кВт·ч энергии.

Для Беларуси энергетический ресурс ветра практически неограничен. В стране имеется развитая централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС) обуславливается только грамотным их размещением на пригодных для этого площадях. Работы по оценке технического ветроэнергетического ресурса Беларуси выполнены совместно НППП «Ветро-маш», РУП «Белэнергосетьпроект» и Госкомитетом по гидрометеорологии. Для первоначального этапа развития ветроэнергетики Беларуси определены 1840 площадок для строительства как одиночных ВЭУ, так и ВЭС с потенциалом более 200 млрд кВт·ч. Выявленные на территории Беларуси площадки под ветроэнергетику представляют собой, в основном, гряды холмов высотой от 20 до 80 м с фоновой скоростью ветра 5 м/с и более, на которых можно возвести от 5 до 20 ВЭУ. Исходя из ветроэнергетического потенциала, только в Минской области насчитывается 1076 строительных площадок под размещение на каждой от 3 до 10 ВЭУ континентального базирования мощностью до 1000 кВт. Среднегодовая выработка только 10 % этих ВЭУ в статистическом распределении времени работы в номинальном режиме от 2500 до 3300 часов в год на срок эксплуатации установок составляет около 2676 млн кВт·ч. Соответственно, среднегодовая экономия жидкого топлива составит более 800 тыс. тонн.

Основными препятствиями к развитию ветроэнергетики в Беларуси (путем внедрения зарубежной ветротехники континентального базирования и посредством организации производства собственных ВЭУ) остаются проблемы финансирования работ по созданию ВЭУ и ВЭС, тарифной и налоговой политики, отсутствия льгот при закупке и эксплуатации ветроэнергетического оборудования, стандартизации и сертификации продукции.

Применение энергии ветра в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь на настоящем этапе развития техники не относится к числу приоритетных позиций.

Биомасса в виде древесного топлива, торфа, отходов деревообработки, льнокостры, соломы находит широкое применение в агропромышленном комплексе.

Дрова являются основным видом топлива для большинства сельского населения республики. На производственных объектах наиболее перспективно применение газогенераторных установок, по-

звояющих автоматизировать работу достаточно крупных отопительных систем. В Беларуси освоен выпуск газогенераторов мощностью до 200 кВт.

Ближайшей задачей является разработка оборудования, позволяющего перевести на местные виды топлива зерносушильное хозяйство, агрегаты по приготовлению витаминной муки, сушилки льнозаводов и котельные перерабатывающих предприятий. Применение древесного топлива потребует роста трудовых затрат, вместе с тем, использование только собственно отходов деревообработки и растительных остатков в виде костры, соломы, шелухи и т. д. позволит заместить импорт ТЭР в объеме около 2 млн т у.т., что примерно равно количеству нефти, добываемому в республике. Исследования по применению энергии биомассы целесообразно направить на изучение возможностей выращивания быстрорастущих пород деревьев и сортов растений, чтобы обеспечить стабильную ее поставку.

Имеющийся опыт использования биогазовой установки «КО-БОС-1» показал, что при работе на стоках МТФ она не обеспечивает производства товарной энергии.

Исследования показывают, что весьма перспективным для Беларуси направлением экономии энергии является использование естественного холода. Применение оборудования, использующего естественный холод в течение зимнего сезона для охлаждения молока, мяса, другой пищевой продукции, позволит экономить 160–180 млн кВт·ч электроэнергии в год. Установка для охлаждения молока ОМС-12 за период работы с октября по апрель экономит 7–12 тыс. кВт·ч энергии и обеспечивает продление ресурса работы холодильного оборудования на 60–80 %. Оснащение всех МТФ республики подобными установками обеспечит экономию электроэнергии, необходимую для работы 3 районов сельского хозяйства в течение целого года.

Гидроэнергия в Беларуси имеет потенциал использования 150–180 млн кВт·ч электроэнергии в год, но требует значительных капиталовложений для создания водохранилищ и оснащения малых и средних ГЭС современными турбинами, генераторами и системами управления.

Специалисты-энергетики оценивают общий потенциал ВИЭ в Беларуси в 12,9 млн т у.т. в год, что составляет около 30 % общего энергопотребления по стране. Структура ВИЭ показана на рис. 1.4.

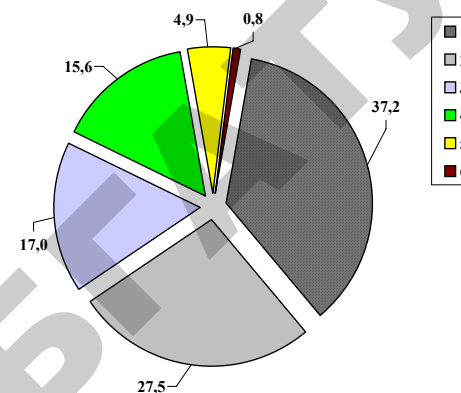


Рис. 1.4. Структура запасов ВИЭ в Беларуси:  
1 – солнечная; 2 – биомасса; 3 – ветровая; 4 – вторичные энергоресурсы;  
5 – редукция газа; 6 – гидроэнергия

Таблица 1.6

Потенциал возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь

Вид энергии	Объем, тыс. т у.т.
Солнечная	35000–40000
Ветровая	600–1000
Биомасса:	
древесина	2100–3200
растительные отходы	1400–1500
бытовые отходы	330–400
Гидроэнергетика	250–1000
Естественный холод	100–150
ВСЕГО:	18000–20000

Объем древесных отходов оценивается в 6,6 млн м<sup>3</sup>, что позволяет получать до 3,2 млн т у.т. в год. Другие растительные остатки (льнокостра, солома и т. д.) могут дать до 1,46 млн т у.т. Потенциал гидроэнергетики оценивается в 250 тыс. т у.т. в год.

Реальная оценка возможностей ветроэнергетики позволяет говорить о возможности достижения в 2010 г. установленной мощности ветрооборудования до 1,5–2,0 тыс. кВт, что обеспечит получение 120–150 тыс. кВт·ч или 15–20 тыс. т у.т. Вместе с тем, ряд ученых

называют цифру в 223,6 млрд кВт·ч/год при 100 % использования природных ветроплощадок, которые охватывают до 77 тыс. км<sup>2</sup> территории страны. Приводятся расчеты, что с наиболее эффективных по ветрохарактеристикам площадок (0,8–1,0 тыс. км<sup>2</sup>) можно получить в год до 1 млн т у.т.

Объем использования солнечной энергии определяется только возможностями инвестиций и реальной потребностью, поскольку расчеты показывают, что для производства электроэнергии в объеме годового потребления республики достаточно площади фотобатарей 324 км<sup>2</sup> или 0,15 % площади территории Беларуси.

### Контрольные вопросы

1. Что означает термин «возобновляемые источники энергии»?
2. Какие устройства применяются для приема и утилизации солнечной энергии?
3. Каков принцип прямого преобразования солнечной энергии в электрическую? Объясните физическую сущность явлений внешнего и внутреннего фотоэффектов.
4. Какими видами возобновляемых источников энергии располагает Беларусь?
5. Назовите классификацию основных типов энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы.
6. Что такое процесс газификации?
7. Что такое биогаз, какие есть способы его получения и применения?
8. Какие виды гидротурбин вы знаете? Поясните принцип их работы.
9. Поясните принцип работы гидроэлектростанции
10. Какие устройства применяются для приема и утилизации энергии ветра?

#### 1.1.5. Использование вторичных энергетических ресурсов

*Классификация ВЭР. Возможные направления использования ВЭР при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: горючих, тепловых газов, избыточного давления, сжатого*

*воздуха. Утилизация пароконденсатных смесей, использование тепла уходящих газов, отработанного воздуха сушильных установок, физической теплоты охлаждаемого молока, низкотемпературных вентиляционных выбросов, тепловые насосы (ТН).*

**Оценка объемов ВЭР в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.** В связи с возрастанием потребления энергии сельским хозяйством актуальное значение приобретает использование не только природных, но и ВЭР от низкопотенциальных источников тепла.

Основными потребителями энергии на животноводческих объектах являются системы, обеспечивающие оптимальную среду обитания животных и технологические процессы. Относительная доля потребления энергии меняется в зависимости от принятой технологии содержания животных: около 20 % энергии расходуется на электропривод технологического оборудования, 60–70 % – на отопление и горячее водоснабжение, 10–20 % – на системы вентиляции. Отсюда видно, что большая часть потребляемой энергии приходится на тепловые процессы.

Согласно прогнозам, использование тепловой энергии возобновляемых источников позволяет экономить до 35 % традиционных источников и, прежде всего, электроэнергии. Однако возможности эффективного использования нетрадиционных низкотемпературных энергетических ресурсов пока реализуется менее чем на 10 %.

Для использования ВЭР применяют специальные устройства – утилизаторы тепла пассивного и активного типов (рис. 1.5).

Удовлетворить энергетические потребности при поддержании необходимого микроклимата в животноводческих помещениях можно за счет пароконденсатных ТН, использующих низкопотенциальное тепло различных источников (почвы, навоза, сточных вод, охлаждаемого молока, грунтовых и поверхностных вод, солнечного излучения, атмосферного и уходящего из помещений воздуха). Опыт аграрной энергетики ряда стран указывает на возможность повышения температурного уровня этих источников до необходимого с помощью теплонасосных установок (ТНУ).

ТН преобразуют природную низкопотенциальную теплоту и вторичные тепловые отходы в теплоту более высокой температуры. Согласно второму закону термодинамики, тепловая энергия сама по себе может переходить только с более высокого уровня на более низкий. Для обратного же потока тепла необходимо приложить дополнительную энергию.

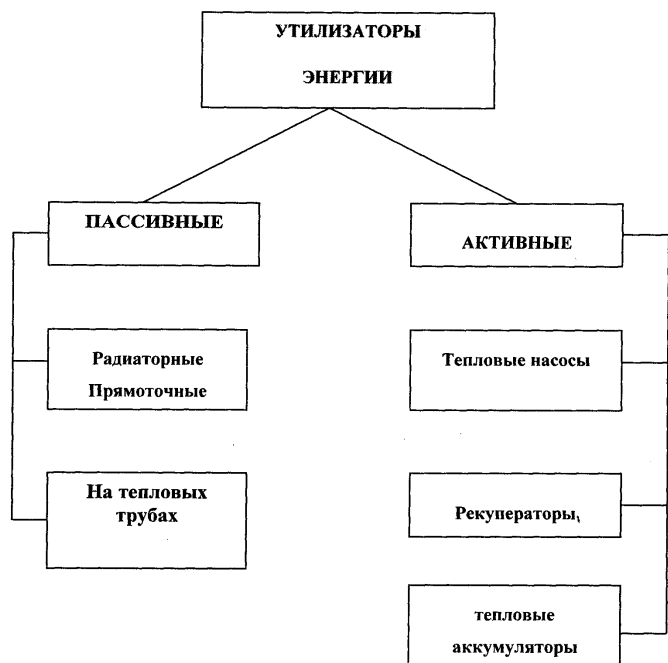


Рис. 1.5. Типы утилизаторов тепловой энергии

В рабочем цикле ТН (рис. 1.6) сравнительно низкотемпературный энергоноситель испаряет находящуюся в испарителе жидкую рабочую среду. Для этого необходимо, чтобы температура кипения рабочей среды была ниже температуры энергоносителя, используемого в качестве источника тепла. Испаренная рабочая среда в процессе работы ТН сжимается компрессором, и с увеличением давления возрастает температура ее конденсации.

Затем парообразная рабочая среда, находящаяся под высоким давлением, попадает в конденсатор, где она отдает свое тепло среде, которая имеет более низкую температуру, а сама конденсируется.

В рабочем цикле ТН отопительная мощность в конденсаторе складывается из двух компонентов: тепловой мощности, принятой от источника тепла в испарителе, и использованной приводной мощности компрессора, с помощью которой температура рабочей среды повышается.

Работа ТН оценивается удельной отопительной мощностью, т.е. показателем, который является производным от отопительной мощности и приводной мощности компрессора. Затем парообразная рабочая среда, находящаяся под высоким давлением, попадает в конденсатор, где она отдает свое тепло среде, которая имеет более низкую температуру, а сама конденсируется. При работе ТН определяющей является используемая рабочая среда или пара рабочих сред. ТН, использующие парообразную рабочую среду, в зависимости от приводной мощности подразделяются на компрессорные и абсорбционные.

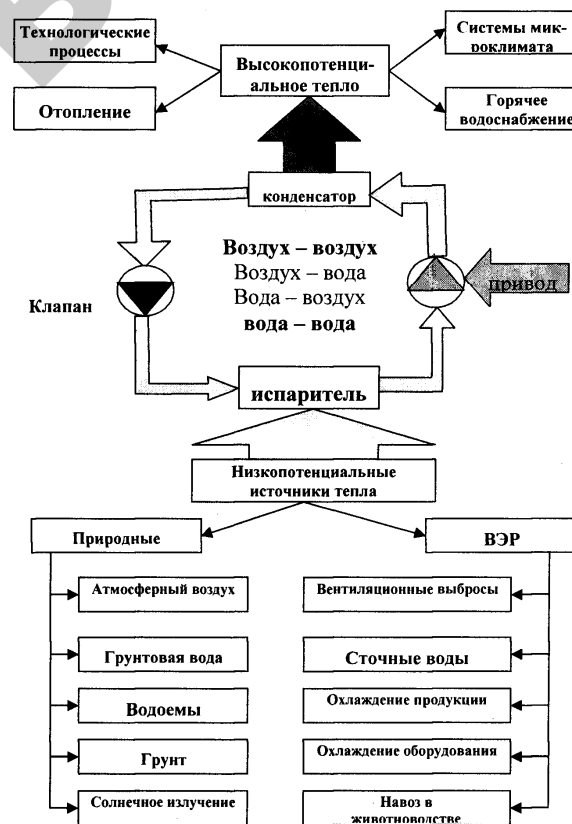


Рис. 1.6. Принципиальная схема применения ТНУ при использовании тепла природных источников энергии и ВЭР

Выбор схемы ТНУ в значительной степени определяется низкопотенциальным источником теплоты и соответствующим ему коэффициентом преобразования энергии.

В грунте накапливается значительное количество солнечной теплоты, поэтому он может служить в качестве естественного и неисчерпаемого аккумулятора теплоты с коэффициентом преобразования в пределах 2,30–4,17.

Самым распространенным и доступным источником теплоты является воздух. Однако как теплоноситель он имеет низкое значение коэффициента теплоотдачи, что требует большой теплообменной поверхности испарителя. Кроме того, при температуре кипения хладагента ниже 0 °С на поверхности испарителя образуется иней, снижающий коэффициент теплопередачи и увеличивающий гидравлическое сопротивление воздуха. Коэффициент преобразования может изменяться от 1,7 до 4,7.

Идеальным источником теплоты является вода. Она обеспечивает высокие коэффициенты теплоотдачи. Однако открытые водоемы и реки на большей части территории республики в связи с низкой температурой воды зимой (0–4 °С) требуют больших расходов энергии на прокачку через испаритель для предотвращения замерзания. Большой интерес представляет использование естественных подземных источников воды, температура которой постоянна круглый год, но для этого необходимы глубокие скважины, что связано с капитальными затратами. Ориентировочное значение коэффициента преобразования находится в пределах 2,8–4,7.

При наличии нескольких низкопотенциальных источников теплоты, пригодных к использованию в данной местности, выбор производится на основе технико-экономических расчетов, при которых учитываются следующие особенности: для грунта – механический состав и теплофизические свойства, глубина промерзания, изменение температуры в течение года, удельный теплосъем в зависимости от глубины; для грунтовых и сточных вод – химический и газовый составы, степень минерализации, глубина залегания; для поверхностных вод – глубина замерзания, изменение температуры в течение года, возможность подачи к испарителю с наименьшими затратами; для наружного воздуха – изменение температуры в течение года, амплитуда колебания ее в течение суток, продолжительность стояния ниже 0 °С.

**Использование ВЭР в животноводческих помещениях.** В сельском хозяйстве ТНУ применяются для утилизации энергии на

холодильных установках молочных ферм, для отопления сельскохозяйственных зданий, осушения воздуха животноводческих помещений, сушки зерна и кормов, обогрева теплиц и других помещений. Эффективная регенерация тепла от охладителей молока может быть достигнута при поголовье 35 молочных коров с валовым годовым удоем 150 тыс. л молока.

Рациональное техническое оснащение и расположение оборудования позволяют уменьшить расход энергии на фермах на 40 %. Холодильные установки рекомендуется монтировать в холодном проветриваемом месте. В связи с тем, что около 80 % общего потребления электроэнергии на молочной ферме приходится на охлаждение молока и нагрев воды, для экономии энергии рекомендуется сочетать эти два процесса в единой технологической линии. Для охлаждения молока эффективно предварительное охлаждение воды со специальным хладагентом. Предварительное охлаждение молока до 16 °С путем пропускания холодной воды через пластинчатый теплообменник позволяет снизить затраты на электроэнергию на 45 %, так как нагретая при этом вода может быть использована для технических нужд.

Теплота, отдаваемая парным молоком при его охлаждении, и теплота компрессорной установки холодильной машины утилизируется с помощью теплового насоса (рис. 1.7).

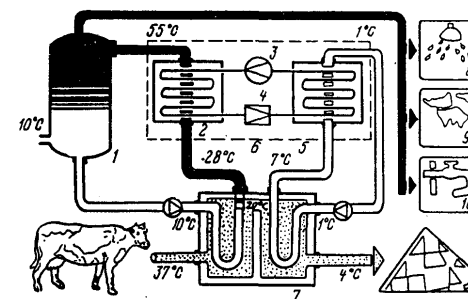


Рис. 1.7. Схема применения теплового насоса для утилизации сбросной теплоты молока и теплоты конденсации холодильной установки: 1 – гидроаккумулятор; 2 – конденсатор; 3 – компрессор; 4 – редукционный клапан; 5 – резервуар с ледяной водой; 6 – тепловой насос; 7 – пластинчатый теплообменник; 8 – душ для персонала; 9 – подмывание вымени коров и обмыв телят; 10 – промывание молокопровода

Свежесцеженное молоко с начальной температурой 37 °С поступает в пластинчатый двухсекционный теплообменник. В первую секцию теплообменника вмонтирован трубопровод, по которому подается вода температурой 10 °С, движущаяся в направлении, обратном потоку молока (противотоком). При этом температура воды повышается до 28 °С, а температура молока падает примерно до 20 °С. Затем вода по трубопроводу поступает в теплообменник ТН, заблокированный с конденсатором холодильной установки, где пары хладагента, конденсируясь, нагревают ее до 55 °С. Теплая вода поступает в верхнюю половину гидроаккумулятора, и (по мере необходимости) расходуется на хозяйственные нужды.

Молоко из первой секции температурой 20 °С поступает во вторую секцию, куда от холодильной установки по встроенному трубопроводу подается противотоком «ледяная» вода температурой 1 °С. Охлажденное до 4 °С молоко нагнетают насосом в транспортные средства или емкости для хранения. Вода, нагревшаяся во второй секции теплообменника до 7 °С, поступает в резервуар с «ледяной» водой холодильной установки, где проходящий через испаритель кипящий хладагент отбирает теплоту, снижая температуру воды до 1 °С.

Выделение животными теплоты и испарений в воздух стойл требует для обеспечения необходимого микроклимата применения систем вентиляции большой производительности. Однако при этом существенная часть физиологического тепла, в том числе теплота конденсации водяного пара теряется с удаляемым воздухом. При комплексном решении проблемы могут быть созданы путем внедрения ТНУ такие энергосберегающие системы, которые одновременно кондиционируют воздух животноводческих помещений до необходимых оптимальных параметров и используют физиологическое тепло животных для отопления и горячего водоснабжения жилых домов и производственных помещений. Частичное использование тепла отходящего воздуха возможно и непосредственно в теплообменниках: рекуперативных (пластинчатых из антикоррозионных материалов и стеклянных трубчатых) или вращающихся. При этом возвращается лишь 50–65 % тепла, не используется теплота конденсации водяных паров и не осушается воздух. В целом такие системы не приспособлены к отоплению жилых помещений.

Наиболее выгодным по капитальным затратам и экономии энергии является блочный сомкнутый вариант ТНУ, используемый при близком расположении стойла и жилого дома (рис. 1.8, а). Для

больших хозяйств применяется и раздельный вариант (рис. 1.8, б), когда испаритель размещен непосредственно в стойле. В третьем варианте (рис. 1.8, в) в стойле монтируется промежуточный пластмассовый теплообменник (абсорбер тепла), передающий тепло от воздуха к промежуточной жидкости (воде или рассолу), которая по трубам направляется к испарителю ТНУ типа «вода – вода».

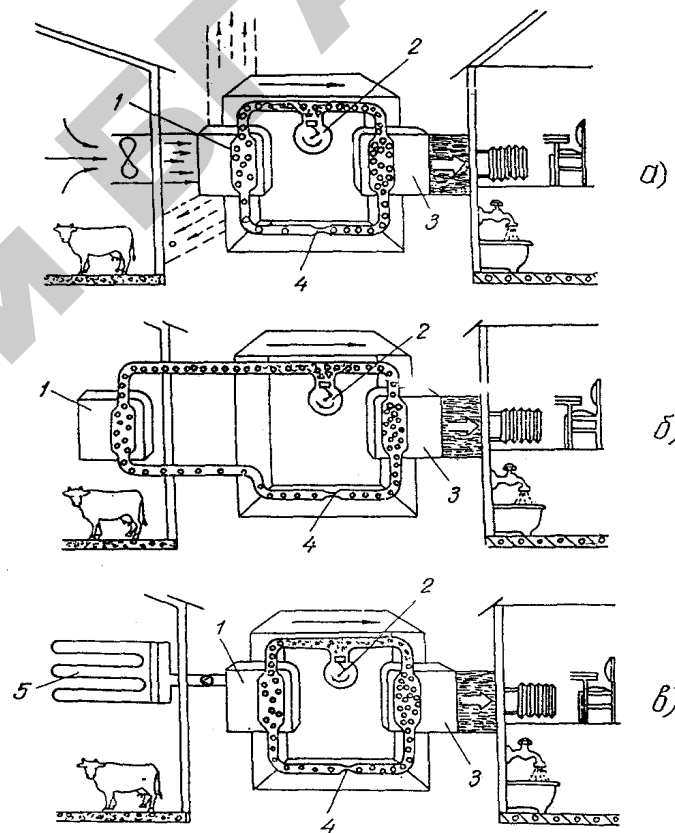


Рис. 1.8. Варианты применения ТНУ для животноводческих помещений: 1 – испаритель; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – дроссель; 5 – первичный теплообменник

Одна из первых в СССР теплонасосных систем была разработана на БелНИИгипросельстрой для животноводческого комплекса на

400 голов. ТН вырабатывают теплоту для систем отопления, горячего водоснабжения и технологических нужд. Проектом предусмотрено применение ТН марки НТ-80, которые состоят из компрессорно-конденсаторного и испарительно-ресиверного агрегатов, станции переключения, щитов управления и сигнализации, силового блока. ТН обеспечивают получение теплоносителя с температурой от 45 до 57 °С, теплопроизводительность одного насоса составляет 0,112 Гкал/ч, масса машины, заполненной фреоном, – 5653 кг.

В зимний период часть охлажденного воздуха подается на рециркуляцию обратно в здание коровника. Нагретая в оросительной камере вода посредством циркуляционных насосов поступает в испарительные агрегаты ТН. С помощью компрессора ТНУ, используемого в качестве привода электродвигатель, теплота из испарителя направляется в конденсатор, а из него – к системам отопления, вентиляции, горячего водоснабжения. В летний период ТНУ может забирать теплоту от наружного воздуха. Охлажденный в этом случае наружный воздух подается в стойловое помещение комплекса, при этом создается эффект кондиционирования и не изменяется режим работы установки. Таким образом, зимой ТН работает как источник теплоты, летом – как кондиционер, что позволяет создавать микроклимат в стойловых помещениях, обеспечивающий повышение продуктивности при снижении потребления корма. Применение системы теплоснабжения с ТН вместо традиционной котельной позволяет снизить годовой расход топлива для теплоснабжения комплекса примерно на 35 %, уменьшить загрязнение окружающей среды.

**Утилизация тепла на предприятиях, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию.** Весьма эффективным может быть внедрение ТНУ на объектах молочной и мясной промышленности, где многочисленные промышленные процессы требуют горячего водоснабжения. В схеме ТН могут использоваться два источника теплоты: горячие сточные воды и теплота, отдаваемая холодильными установками, которые применяются в пищевой промышленности. ТН позволяет рекуперировать тепловую энергию конденсаторов таких установок для получения воды с температурой около 65 °С. В отечественной пищеперерабатывающей промышленности ТН пока не получили должного распространения.

Опыт разработки полных энергетических балансов молочных заводов, мясокомбинатов показывает, что возможный резерв экономии теплоты за счет ВЭР на Минском мясокомбинате составляет

около 14 тыс. Гкал/год, Витебском мясокомбинате – около 6 тыс. Гкал/год, Брестском молочном заводе – около 15 тыс. Гкал/год.

Однако прямое использование ВЭР для теплоснабжения в большинстве случаев является проблематичным вследствие их низкого температурного потенциала. Получить теплоноситель потребительских температур за счет трансформации низкопотенциальной теплоты ВЭР можно при помощи ТН. Важными элементами при этом являются технико-экономическое обоснование эффективности внедрения системы теплохладоснабжения и подготовка технических требований на ее создание.

Проведен анализ предприятий переработки сельскохозяйственной продукции, расположенных в городах Минской области (Минск, Клецк, Слуцк, Логойск), различной специализации: Минская птицефабрика № 2, Логойский молочный завод, Слуцкий сыродельный комбинат и Клецкий маслозавод. В таблице 1.7 систематизированы общие сведения об их источниках теплоснабжения, видах низкопотенциальных потоков-источников низкопотенциальной теплоты и возможных потребителях утилизируемой теплоты.

Таблица 1.7

Возможные источники ВЭР и потребители утилизируемой теплоты на предприятиях переработки сельскохозяйственной продукции

Наименование предприятия	Источник теплоснабжения	Располагаемый тепловой потенциал, Гкал	Вид низкопотенциального потока	Возможные потребители
Молочный завод, г. Логойск	Городская котельная 1,5 км	2000	Сточные воды, оборотная вода	Горячее водоснабжение и отопление завода
Птицефабрика № 2, г. Минск	Собственная котельная	3500	Оборотная вода	Собственные нужды и передача избытков в сеть теплоснабжения района
Сыродельный комбинат, г. Слуцк	Котельная мясокомбината 2 км	6000	Загрязненный конденсат, оборотная вода	То же
Маслозавод, г. Клецк	Городская котельная 0,2 км	12000	Оборотная вода	То же



Как видно из таблицы 1.7, все предприятия имеют тепловые потоки, объем и режим выхода которых согласуются с технологическими процессами. Выявленный потенциал возможных для использования потоков ВЭР на этих предприятиях составляет 50–95 % годовой потребности предприятий в теплоте на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. В летний период суточный объем тепловых сбросов в 2–4 раза превышает суточное теплопотребление, т. е. избыток теплоты может быть передан сторонним потребителям.

**Утилизация тепла в овощеводстве и садоводстве.** В себестоимости продукции культивационных сооружений защищенного грунта значительная доля затрат (до 40 %) приходится на топливо. Расход топлива (условного) на обогрев теплиц и парников составляет до 50 % общего расхода топлива в растениеводстве. В системах отопления типовых теплиц температура воды, как правило, должна быть не ниже 45–55 °С. Современные ТНУ обеспечивают ее подъем до 55 °С. В качестве холодного источника для ТНУ служат воды рек и озер, грунтовые воды, теплая отходящая вода предприятий и электростанций. Если привод ТНУ осуществляется от двигателя внутреннего сгорания, то используется также теплота выхлопных газов и воды, охлаждающей двигатель.

Следует отметить, что для овощеводства чаще всего применяются утилизационные установки аккумуляционного типа. Это обусловлено тем, что в сооружениях закрытого грунта в дневное время имеется избыток тепла, поступающего от солнечного излучения через прозрачное ограждение теплиц. Главной инженерной задачей при этом является реализация устройств, позволяющих утилизировать и аккумулировать избыток тепла днем и направлять его на подогрев растений в ночное время.

Хорошие перспективы для применения в растениеводстве защищенного грунта имеет сочетание ТН с локальным низкотемпературным инфракрасным обогревом корней и нижних частей растений. Это система наземных пластмассовых гибких радиаторных труб (ПГРТ), которые покрывают 30–60 % почвенной площади. Внутри ПГРТ циркулирует вода, нагретая при помощи ТНУ только до 20–35 °С. По другим данным, температура на входе в радиаторные трубы составляет 28–35 °С.

Обследование хозяйств, применяющих такие теплицы, показывает возможность получения в них более ранней продукции. Подтвердилось, что ПГРТ, излучая тепло на листья, нагревают их до температуры, несколько большей, чем температура окружающей среды.

Благодаря этому (для обеспечения требуемой температуры) можно иметь в теплице температуру воздуха на 2 °С ниже обычной. ТН в этих хозяйствах извлекают теплоту из подпочвенной воды, забираемой из скважин, которая охлаждается в испарителе примерно на 5 °С и закачивается обратно в почву. Извлеченное тепло от конденсатора ТНУ передается воде теплового бассейна, а последняя под слабым давлением нагнетается гидронасосом в каналы ПГРТ.

Для повышения эффективности работы тепличных хозяйств идут как по пути увеличения урожайности, применяя новейшие технологии выращивания, так и по пути снижения уровня затрат энергоресурсов, сводя до минимума потери тепла из теплиц (теплоизоляция стен, покрытий и т. д.), применяя местные топливные ресурсы в сочетании с использованием ВИЭ, в частности, энергии солнечной радиации.

На сегодняшний день наиболее эффективным методом использования солнечной энергии является применение в пленочных теплицах систем обогрева с подпочвенными аккумуляторами тепла. Вентилятор транспортирует в течение ночи через аккумулятор холодный воздух, чтобы нагреть его и затем возвратит в теплицу.

Система подпочвенного аккумулирования тепловой энергии имеет следующие преимущества по сравнению с другими системами: постоянная готовность системы обогрева к работе; относительно большая скорость разогрева; высокая равномерность распределения температуры по ширине и длине обогреваемого участка; возможность создания полностью автоматизированной системы обогрева, способной с достаточно высокой точностью поддерживать заданный температурный режим в зоне корнеобразования; отсутствие загрязнения окружающей среды.

### Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия теплового насоса.
2. Приведите примеры использования тепловых насосов как энергосберегающего оборудования.
3. Охарактеризуйте назначение основных конструктивных элементов теплового насоса.
4. Что такое коэффициент преобразования энергии в тепловом насосе?
5. В чем причины затруднений в широком использовании тепловых насосов?

### **Задание по подготовке к работе**

1. Изучить описание лабораторной установки.
2. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой и методикой ее выполнения.
3. Изучить теоретический материал модуля и ответить на контрольные вопросы.

### **Описание конструкции и схемы стенда для исследования фотоэлектрических преобразователей**

Стенд для исследования фотоэлектрических преобразователей представляет собой электрический шкаф, на передней панели которого установлены органы управления, сигнализации, измерительные приборы. Питание стенда осуществляется от универсального блока питания УИП-1. Электрическая схема стенда прикреплена на передней панели. В конструкцию стенда входят: исследуемые датчики – вакуумные элементы СЦВ-3 и СЦВ-4, фоторезистор ФСК-1 и фотодиод ФД-2; вольтметр PV1 для контроля напряжения 400 В постоянного тока, вольтметр PV2 для контроля напряжения 12 В постоянного тока; люксметр А с фотодатчиком BL6 для измерения освещенности источника света HL2; сигнальные лампы: HL1 – о подаче напряжения 12 В и HL3 – о срабатывании фотореле KE. Резистор R3 служит для регулирования освещенности, R4 – для регулирования напряжения 12 В постоянного тока. Переключатели предназначены: SA1 – для выбора исследуемого фотодатчика; SA2 – для подключения миллиамперметра РА к датчикам BL1–BL3 или к BL4; SA3 – для изменения пределов измерения прибора РА; SA4 – для включения питания 12 В; SA5 – для изменения нагрузки датчика BL4.

Фотоэлементы могут быть с внешним фотоэффектом (фотоэмиссионные) и внутренним фотоэффектом (фоторезистивные и фотогальванические).

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом бывают вакуумные и газонаполненные. Внешним фотоэффектом называют излучение, т. е. выход в окружающее пространство потока свободных электронов с поверхности металла (фотоэмиссия) под действием энергии электромагнитного излучения.

Вакуумный фотоэлемент (рис. 1.9) представляет стеклянный баллон, внутри которого расположены фотокатод и анод, имеющие выводы к наружным контактным штырькам. Катодом является светочувствительный слой из щелочных металлов, например, окиси

6. Опишите классификацию ВЭР.

7. Какие существуют энергосберегающие технологии на основе использования ВЭР?

8. Как можно полезно использовать тепло отходящих газов, вторичный пар, вентиляционные выбросы?

## **1.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСРС, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

### **1.2.1. Вопросы для управляемой самостоятельной работы**

1. Рост энергопотребления как объективная предпосылка энергосбережения.
2. Объемы, структура и эффективность энергопотребления в различных государствах (включая Республику Беларусь).
3. Вторичные энергетические ресурсы и их использование.
4. Перспективы развития мировой энергетики.
5. Пути и способы повышения эффективности современного энергетического производства.
6. Перспективы развития альтернативных видов энергетики.
7. Энергообеспеченность Республики Беларусь.
8. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь и перспективы его развития.
9. Тарифная политика как фактор функционирования и развития топливо-энергетического комплекса.

### **1.2.2. Материалы к практическим и лабораторным занятиям**

#### **1.2.2.1. Лабораторная работа**

#### **«Оборудование для преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую. Исследование фотоэлектрических преобразователей»**

Цель работы – изучить принципы преобразования солнечной энергии в тепловую и электрическую. Исследовать световые характеристики фотоэлектрических преобразователей.

цезия, нанесенный на металлическую пластинку, стенку баллона или на серебряную подложку, предварительно осажденную химическим способом на внутреннюю стенку стеклянного баллона. Катод занимает около половины внутренней поверхности баллона, а оставшая прозрачная часть служит входным окном. Анод представляет собой металлическое кольцо, стержень или сетку. К аноду прикладывается положительное напряжение, а к катоду — отрицательное напряжение. Вакуум обычно составляет  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  мм рт. ст.

Газонаполненные (ионные) фотоэлементы конструктивно ничем не отличаются от вакуумных. Внутри колбы газонаполненных фотоэлементов имеется инертный газ под небольшим давлением.

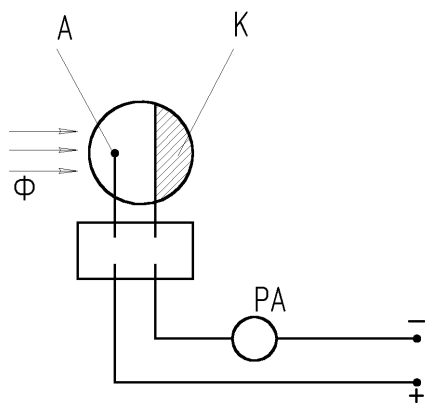


Рис. 1.9. Вакуумный фотоэлемент

Различают два вида внутреннего фотоэффекта: фоторезистивный и вентильный. Фоторезистивный эффект состоит в изменении электрического сопротивления полупроводника под воздействием энергии электромагнитного излучения. Фоторезистивным эффектом обладают фоторезисторы (фотосопротивления), которые в большинстве случаев представляют собой нанесенный на стеклянную пластинку 5 тонкий слой полупроводникового вещества 4 (рис. 1.10). К противоположным сторонам полупроводникового слоя припаиваются металлические электроды 1. В качестве светочувствительного материала используется сернистый свинец, сернистый висмут, сернистый кадмий и др. Поверх полупроводникового слоя

наносится пленка светопроницаемого лака для предохранения фоторезистора от внешней среды. Корпус фоторезистора, в который помещен светочувствительный элемент, может иметь различную форму.

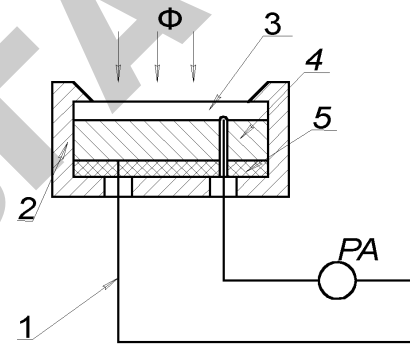


Рис. 1.10. Фоторезистор

Промышленность выпускает сернисто-свинцовые фоторезисторы ФСА-1, ФСА-2, ФСА-6 и др.; селенисто-кадмиевые ФСД-Г1, ФСД-1; сернисто-кадмиевые ФСК-1, ФСК-2, ФСК-4, ФСК-6, ФСК-7 и пленочные ФСК-П.

Другим видом внутреннего эффекта является фотогальванический (вентильный) эффект, сущность которого состоит в возникновении электродвижущей силы между двумя разнородными слоями полупроводника, обладающими электронной  $n$  и дырочной  $p$  проводимостями, под действием электромагнитного излучения. На этом принципе работают фотодиоды, фототриоды, фототиристоры. Фотодиод — это приемник лучистой энергии, имеющий направленное движение носителей тока при воздействии светового потока. Вентильные элементы конструктивно аналогичны, отличаются лишь формой и размерами, исходными полупроводниковыми материалами.

Вентильный фотодиод (рис. 1.11) имеет металлическое основание 1 толщиной 1–2 мм, выполняющее функции электрода и подложки, на которую нанесен тонкий слой селена 2, покрытый сверху полупрозрачным металлическим слоем или сеткой 5, изготовленной из серебра, золота или платины, менее 1 мкм. Металлический слой пропускает световой поток в слой селена и выполняет функцию верхнего электрода.

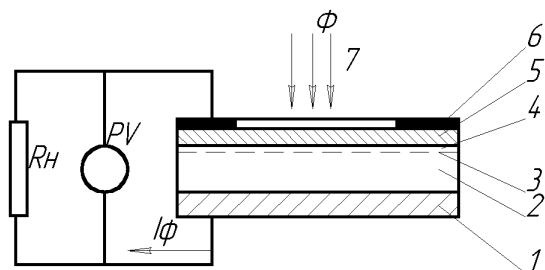


Рис. 1.11. Вентильный фотодиод

Путем специальной обработки над исходным слоем  $p$ -селена 2, обладающим дырочной проводимостью, образован слой  $n$ -селена 4 с электронной проводимостью, а между ними – тончайший запирающий слой 3, называемый  $p$ - $n$ -переходом. Фотоэлемент заключается в эбонитовую пластмассовую оправу 6 в форме диска или прямоугольника с окном и двумя клеммами.

Основными характеристиками фотоэлементов являются:

- **световая**  $I_\phi = f(\Phi)$  – зависимость фототока от интенсивности падающих на фотокатод лучей;
- **спектральная**  $I_\phi = f(\lambda)$  – зависимость фототока от длины волны падающих лучей;
- **вольтамперная**  $I_\phi = f(U)$  – зависимость фототока от напряжения (при заданной интенсивности лучистого потока);
- **частотная** (инерционная)  $I_\phi = f(F)$  – зависимость фототока от частоты изменения интенсивности падающего светового потока;
- **температурная**  $I_\phi = f(T)$  и  $\lambda = f(T)$  – зависимость фототока и спектрального состава от температуры (превышение некоторых значений температур вызывает резкое изменение фотоэлектрических свойств фотоэлемента).

### Программа и методика выполнения работы

1. Снять и построить световые характеристики для фотоэлектрических преобразователей.

1.1. При снятии световых характеристик для фотоэлектрических преобразователей СЦВ-4, СЦВ-3 и ФСК-1 установить напряжение питания 220 В.

1.2. Переключатель SA1 перевести в положение «СЦВ-4», тумблер SA2 – в положение стрелки вниз «СЦВ-3», переключатель SA3 – в положение «50 мА».

1.3. Величина освещенности контролируется по люксметру А. Изменяя освещенность от 0 до 90 люкс через каждые 10 люкс при помощи переменного резистора R3, контролировать значение тока для исследуемого фотоэлектрического преобразователя по прибору РА.

1.4. Результаты измерений записать в таблицу 1.8.

1.5. Устанавливая переключатель SA1 последовательно в положение «СЦВ-3», «ФСК-1», снять световые характеристики. В случае зашкаливания стрелки прибора РА, установить переключатель SA3 в положение «100 мА». Данные записать в таблицу 1.8.

1.6. При снятии световой характеристики для фотодиода ФД-2 установить напряжение питания 12 В потенциометром R4. Тумблер SA2 перевести в положение «Фотодиод», переключатель SA3 – в положение «50 мА», переключатель SA5 – в положение «R7».

Таблица 1.8

Зависимость фототока от освещенности

Φ, люкс		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
СЦВ-3	$I_{\phi 1}$ , мА										
СЦВ-4	$I_{\phi 2}$ , мА										
ФСК-1	$I_{\phi 3}$ , мА										
ФД-2	$I_{\phi 4}$ , мА										

2. По данным таблицы 1.8 построить характеристику  $I_{\phi} = f(\Phi)$ .

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Устройство и схемы включения фотоэлектрических преобразователей: вакуумного, фоторезистора, вентильного и фототранзистора.
3. Таблица результатов измерений.
4. Графические световые характеристики исследованных фотоэлектрических преобразователей.
5. Выводы.

### 1.2.2.2. Лабораторная работа

#### «Оборудование для производства тепловой и электрической энергии на основе биоэнергоресурсов. Исследование процесса газификации»

Цель работы – изучить принципы преобразования энергии биомассы в тепловую и электрическую, исследовать основные показатели процесса газификации, определить качественные характеристики получаемого генераторного газа.

#### Задание по подготовке к работе

1. Изучить описание лабораторной установки.
2. Подготовить протокол отчета к лабораторной работе, руководствуясь программой и методикой ее выполнения.
3. Изучить теоретический материал модуля и ответить на контрольные вопросы.

#### Описание лабораторной установки

Основными элементами лабораторной установки (рис. 1.12) являются корпус 1 с футеровкой, содержащий колосниковую решетку 2, дверцу для розжига 3 и устройство для подачи первичного воздуха 4. Корпус соединен с жаровой трубой 5, которая снабжена устройством для подачи вторичного воздуха 6. Сверху к корпусу приварен бункер для топлива 7 с загрузочным люком 8. Вокруг жаровой трубы и бункера установлены герметичные кожухи 9 и 10, внутренние полости которых соединены между собой, а в верхнюю плоскость кожуха бункера 9 вставлен воздухопровод теплового воздуха 11 с регулировочным клапаном 12, соединяющие внутреннюю плоскость кожуха бункера с зоной горения. Для нагнетания теплового воздуха к кожуху жаровой трубы 10 приварен воздухопровод с вентилятором 13.

#### Программа и методика выполнения работы

1. Для проведения эксперимента по исследованию процесса газификации необходимо взять следующие образцы: древесные опилки, ржаную солому и кусковой торф.
2. Технические характеристики исходного сырья представлены в таблице 1.9.

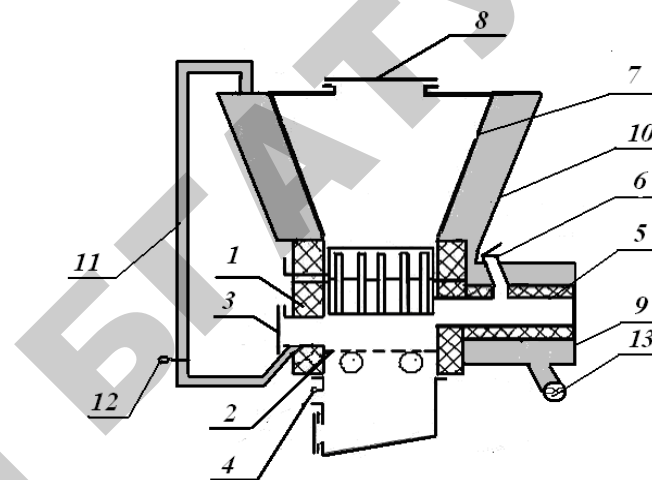


Рис. 1.12. Лабораторная установка

Таблица 1.9

Технические характеристики исходного сырья

Вид топлива	Влажность $W$ , %	Зольность, $A$ , %	Теплотворная способность, $Q_{н}^P$ , МДж/кг	Теплота сгорания, $Q_{н}^P$ , ккал/кг
Солома (50–70 мм)	17,6	4,66	16,7	2700
Опилки	22,2	0,5	24,3	1700
Торф кусковой	29,8	1,21	18,6	1870

3. Работа на установке включает следующие операции: розжиг газогенератора; загрузка бункера исходным топливом; регулирование положения колосниковой решетки по высоте; регулирование подачи первичного и вторичного воздуха; удаление золы и шлака из газогенератора; очистка колосниковой решетки.

4. Последовательность операций при пуске газогенератора: включить дымосос; открыть топочную дверцу; полностью закрыть крышку подачи вторичного воздуха; закрыть дверцу зольника; на колосниковую решетку уложить растопочный материал и поднять решетку в верхнее положение; зажечь растопочный материал на колосниковой решетке; засыпать исходное топливо и плотно за-

крыть загрузочный люк; закрыть топочную дверцу; через 20 минут устойчивого горения открыть дверцу для подачи и регулирования первичного воздуха; открыть крышку подачи и регулирования вторичного воздуха; отрегулировать подачу первичного и вторичного воздуха, положение колосниковой решетки по высоте.

5. Последовательность операций при загрузке топлива в бункер, удалении золы, шлака, остановке газогенератора: открыть загрузочный люк бункера и засыпать топливо в бункер, после чего люк плотно закрыть; открыть дверцу зольника, удалить золу, после чего дверцу плотно закрыть; при экстренной остановке газогенератора полностью закрыть подачу первичного воздуха, не подавать топливо в бункер; в случае необходимости подать в зону горения воду; при остановке газогенератора не допускать скопления в системе горючих газов, закрыть дымосос.

6. В процессе работы установки произвести отбор пробы генераторного и дымовых газов для определения их состава. Места отбора пробы должны располагаться в местах газоходов, где обеспечивается наиболее полное перемешивание газового потока. К месту отбора должен быть обеспечен свободный подход. Для определения концентрации газов, содержащихся в продуктах сгорания топлива, используется электронный газоанализатор «Testo». При измерении концентраций газов  $SO_2$ ,  $NO_2$  результаты фиксируются в первые 10 минут после отбора газовой пробы. Поместите газозаборный зонд в штуцер, установленный в стенке газохода, и включите насос прибора. После определения максимальной температуры газового потока в течение 2–3 мин проконтролируйте получаемые результаты и занесите их в таблицу 1.10.

Таблица 1.10

Получаемые результаты

Наименование показателей	Ед. изм.	Треб. знач.	Получ. знач.
Содержание CO	%	0,5	
Содержание CO <sub>2</sub>	%	0,5	
Содержание NO	мг/м	300	
Содержание NO <sub>2</sub>	мг/м	300	
Содержание SO <sub>2</sub>	мг/м	50	

7. Эффективность процесса газификации зависит от температуры горения исходного топлива и его жаропроизводительности. При этом жаропроизводительность, т. е. максимальная температура, развиваемая при полном сгорании топлива, имеет первостепенное значение для оценки топлива. Таким образом, основой для сжигания различных видов растительных и бытовых отходов является повышение теплотворной способности конечного продукта, в нашем случае – генераторного газа. При сжигании топлива его теплотворность определяется по формуле:

$$Q_n^p \text{ смеси} = q \cdot Q_n^p, \quad (1.1)$$

где  $q$  – весовая доля, соответственно, топлива;  
 $Q_n^p$  – теплотворность топлива, МДж/кг.

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание, принцип действия и конструкция устройств для преобразования энергии биомассы в электрическую и тепловую.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

### 1.2.2.3. Практическая работа

#### «Теплонасосные установки, особенности конструкции, эксплуатации»

Цель работы – определить показатели эффективности работы ТН.

#### План работы

1. Повторение основных теоретических положений.
  2. Решение задач под руководством преподавателя.
  3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.
- Для подготовки к практическим занятиям необходимо изучить теоретический материал модуля и ответить на контрольные вопросы.

### Пример практического применения теоретического материала

Определить коэффициент преобразования энергии  $\mu$  в тепловом насосе (рис. 1.13) при  $t_1 = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 52 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_3 = 105 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_4 = 74 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t'_x = 38 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t''_x = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t'_r = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t''_r = 109 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $P = 8,6 \text{ кВт}$ ;  $\Delta V_{\text{сч}} = 2,1 \text{ м}^3$ ;  $B = 101,4 \text{ кПа}$ ;  $\tau = 5 \text{ с}$ .

Для расчета коэффициента преобразования энергии  $\mu$  необходимо:

1) определить массовый расход воды, кг/с, проходящей через испаритель:

$$m_{t_2} = \rho_2 \frac{\Delta V_{\text{сч}}}{\tau} \cdot 10^{-3} = 1000 \cdot (2,1/5) \cdot 10^{-3} = 0,42, \quad (1.2)$$

где  $\rho_2$  – плотность воды (принять  $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$ );

$\Delta V_{\text{сч}}$  – разность показаний счетчика,  $\text{м}^3$ , за время измерения  $\tau$ , с.

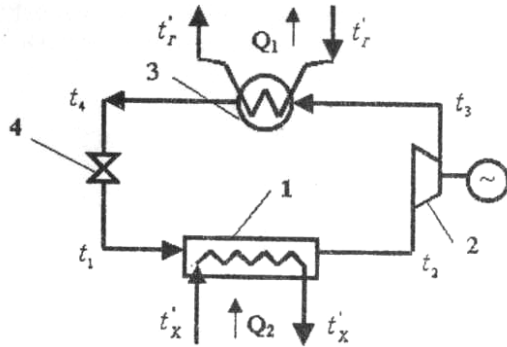


Рис. 1.13. Принципиальная схема теплового насоса

2) рассчитать тепловой поток, кВт, отдаваемый водой в испарителе:

$$\Phi_2 = c_{p2} m_{t_2} (t'_x - t''_x) = 4,19 \cdot 0,42 \cdot (38 - 21) = 29,92, \quad (1.3)$$

где  $c_{p2}$  – удельная изобарная теплоемкость воды (принять  $c_{p2} = 4,19 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ );

$t'_x$  и  $t''_x$  – температуры воды на входе и выходе из испарителя,  $^\circ\text{C}$ ;

3) найти плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ , после конденсатора:

$$\rho_1 = \frac{B}{R_0 T} = 101,4 / (0,287 \cdot (109 + 273)) = 0,92, \quad (1.4)$$

где  $B$  – атмосферное давление, кПа;

$R_0$  – удельная газовая постоянная воздуха (принять  $R_0 = 0,287 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ );

$T$  – термодинамическая температура, К (при расчете принять  $T = t''_r + 273$ );

4) вычислить массовый расход воздуха, кг/с, проходящего через конденсатор:

$$m_{t_1} = \rho_1 \cdot \vartheta \cdot S \cdot 10^2 = 0,92 \cdot 0,2 \cdot 0,015 = 0,28, \quad (1.5)$$

где  $\vartheta$  – скорость воздуха в измерительном патрубке (при расчете принять  $\vartheta = 0,2 \text{ м/с}$ );

$S$  – площадь поперечного сечения измерительного патрубка,  $\text{м}^2$ .

Измерительный патрубок выполнен диаметром  $0,138 \text{ м}$ ;

5) определить тепловой поток, кВт, передаваемый воздуху в конденсаторе:

$$\Phi_1 = c_{p1} m_{t_1} (t''_r - t'_r) = 1,01 \cdot 0,28 \cdot (109 - 18) = 25,73, \quad (1.6)$$

где  $c_{p1}$  – удельная изобарная теплоемкость воздуха (принять  $c_{p1} = 1,01 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ );

$t'_r$  и  $t''_r$  – температуры воздуха на входе и выходе из конденсатора,  $^\circ\text{C}$ ;

6) рассчитать коэффициент преобразования энергии  $\mu$ :

$$\mu = \frac{\Phi_1}{P} = 25,73 / 8,6 \approx 3; \quad (1.7)$$

7) рассчитать теоретическое значение коэффициента преобразования энергии при работе теплового насоса по обратному циклу Карно:

$$\mu_T = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = 363 / (363 - 316) \approx 8, \quad (1.8)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – термодинамические температуры рабочего вещества в процессах отвода и подвода теплоты, К.

При этом

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{t_3 + t_4}{2} + 273, \\ T_2 &= \frac{t_1 + t_2}{2} + 273; \end{aligned} \quad (1.9)$$

8) сравнить значения коэффициента преобразования энергии по уравнениям (1.7) и (1.8).

Индивидуальные задания к выполнению практической работы выбираются из приложения 1 по номеру в журнале.

#### 1.2.2.4. Практическая работа

##### «Расчет количества светильников методом коэффициента использования. Расчет экономии электроэнергии осветительными установками»

Цель работы – определить требуемое количество светильников при проектировании объектов управления, определить экономическую эффективность замены светильников с лампами накаливания на светильники с компактными люминесцентными лампами.

#### План работы

1. Повторение основных теоретических положений.
2. Решение задач под руководством преподавателя.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.

Для подготовки к практическим занятиям необходимо изучить теоретический материал модуля и ответить на контрольные вопросы.

#### Пример практического применения теоретического материала

Необходимо найти такое количество светильников в офисе со светлыми стенами, серым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 300 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 9 м, длина – 6 м, высота – 3,2 м. Светильники – ARS/R 418. В одном светильнике 4 люминесцентные лампы мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм. Выбираем коэффициент запаса равный 1,25. Коэффициент отражения потолка – 50 %, стен – 30 %, пола – 10 %.

#### Решение.

1. Определяем площадь помещения, м<sup>2</sup>:

$$S = a \cdot b = 9 \cdot 6 = 54, \quad (1.10)$$

где  $a$  – ширина помещения, м;

$b$  – длина помещения, м.

2. Определяем индекс помещения:

$$\Phi = \frac{S}{(h_1 - h_2) \cdot (a + b)} = \frac{54}{(3,2 - 0,8)(9 + 6)} = 1,5, \quad (1.11)$$

где  $h_1$  – высота помещения, м;

$h_2$  – высота расчетной поверхности, м.

3. Определяем коэффициент использования.

Коэффициенты отражения потолка, стен и пола определяем по таблице 1.11.

Таблица 1.11

Коэффициент отражения	
Материал	Коэффициент отражения, %
Поверхность белого цвета	70–80
Светлая поверхность	50
Поверхность серого цвета	30
Поверхность темно-серого цвета	20
Темная поверхность	10

Зная индекс помещения, определяем по таблицам приложения 2 коэффициент использования. Для светильников ARS/R 418  $U = 0,51$ .

4. Определяем требуемое количество светильников.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{л}} = \frac{300 \cdot 54 \cdot 1,25}{0,51 \cdot 4 \cdot 1150} = 8,63 \approx 9, \quad (1.12)$$

где  $E$  – требуемая горизонтальная освещенность, лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса (таблица 1.12);

$U$  – коэффициент использования;

$\Phi_{л}$  – световой поток одной лампы, лм.



Таблица 1.12

Зависимость коэффициент запаса от типа помещения

Тип помещений	Коэффициент запаса, относительные единицы
Очень чистые помещения, а так же осветительные установки с малым временем использования	1,25
Чистые помещения с трехгодичным циклом обслуживания	1,5
Наружное освещение, трехгодичный цикл обслуживания	1,75
Внутреннее и наружное освещение при сильном загрязнении	2,00

Требуемое количество светильников  $N = 9$  шт.

5. Для расчета экономии электроэнергии от замены светильников с лампами накаливания на светильники с компактными люминесцентными лампами необходимо сравнить годовые расходы электроэнергии по двум вариантам.

6. Число часов работы светильников в году определяется по формуле:

$$T_{\text{год}} = T_{\text{сут}} \cdot 365 = 6 \cdot 365 = 2190. \quad (1.13)$$

7. Число часов работы светильников за срок службы рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{сл}} = T_{\text{год}} \cdot T_{\text{расч}} = 2190 \cdot 12 = 26280. \quad (1.14)$$

8. Стоимость расхода энергии за 1000 ч при работе одного светильника с лампой накаливания определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{лн}} = 1000P_{\text{лн}}C_{\text{эн}} = 1000 \cdot 40 \cdot 0,0, \quad (1.15)$$

где  $C_{\text{эн}}$  – стоимость электроэнергии, у.е./кВт·ч (на 01.12.2009 г.  $C_{\text{эн}} = 0,053$  у.е./кВт·ч).

9. Стоимость расхода энергии за 1000 ч при работе одного светильника с компактной люминесцентной лампой:

$$\mathcal{E}_{\text{лл}} = 1000P_{\text{лл}}C_{\text{эн}} = 1000 \cdot 7 \cdot 0,053 = 371 \text{ у.е.} \quad (1.16)$$

10. Результаты расчетов приводят в виде таблицы 1.13.

11. По результатам расчетов определить, какую экономию средств  $\mathcal{E}$  для предприятия обеспечит применение  $N$  энергосберегающих светильников:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{сэ}} \cdot N = 45889 \cdot 9 = 413001 \text{ у.е.}, \quad (1.17)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сэ}}$  – экономия затрат за срок службы, у.е.;

$N$  – количество светильников, определенное из расчета, шт.

Индивидуальные задания к выполнению практической работы выбираются из приложения 3 по номеру в журнале.

Таблица 1.13

Результаты расчетов

Номер строки	Наименование расчетного параметра	Затраты, у.е., при светильниках	
		ЛН	ЛЛ
1	Стоимость светильников с лампой	14	48
2	Стоимость электроэнергии за 1000 ч работы, см. формулы (1.15), (1.16)	2120	371
3	Стоимость новой лампы (накаливания, люминесцентной)	0,2	3,0
4	Суммарные затраты при 1000ч работы (сложить строки 1 + 2 + 3 данной таблицы)	14+2120+0,2 = 29680,2	48 + 371 + 3 = 422
5	Суммарные затраты за срок службы светильника	26,28·(2120 + 0,2) = 55718	26,28·(371+3) = 9829
6	Экономия затрат за срок службы	55718 – 9829 = 45889	

---

## МОДУЛЬ 2

---

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В результате изучения модуля студент должен:

- **знать** методы расчета норм расхода ТЭР; методы составления Программы мероприятий по энергосбережению на предприятии; методы составления энергетического баланса на предприятии; методы определения потребления ТЭР на технологические процессы при производстве, переработке и хранении продукции; методы проведения энергетической оценки технологических процессов производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции;
- **уметь** применять вышеназванные методы для решения типовых задач;
- **характеризовать** энергетический баланс технологической линии производства сельскохозяйственной продукции.

#### 2.1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

##### 2.1.1. Учет, регулирование и нормирование потребления энергоресурсов

*Учет электрической энергии. Учет тепловой энергии. Основные методы и приборы регулирования тепловой энергии, автоматизация этих процессов. Роль автоматизации учета и контроля в снижении потерь электрической энергии. Приборы учета расхода воды и газа. Экономичные источники света.*

*Классификация норм расхода ТЭР. Нормирование потребления энергии. Формирование тарифов на тепловую и электрическую энергию. Государственное регулирование энергопотребления.*

**Виды и способы учета энергии и энергоресурсов.** На промышленных предприятиях различаются два основных вида учета расхода энергии и ТЭР: коммерческий; внутрипроизводственный.

Коммерческий учет фиксирует энергоресурсы и энергию, поступающие на предприятие извне или отпускаемые предприятием другим потребителям. Основная задача коммерческого учета — получение информации для финансовых расчетов за поступившую или отпущенную энергию, а также для контроля за выполнением доведенных до предприятия планов, норм и лимитов энергопотребления. Организация коммерческого учета энергии на промышленных предприятиях осуществляется в соответствии с общехозяйственными и ведомственными регламентирующими документами.

Внутрипроизводственным учетом фиксируется энергия, произведенная собственными генерирующими установками, а также используемая крупными энергопотребляющими агрегатами. Основными задачами внутрипроизводственного учета являются: установление удельных расходов энергии и топлива на единицу продукции (работы); осуществление контроля за соблюдением норм и лимитов потребления энергии. Конечной целью внутрипроизводственного учета является повышение эффективности энергоиспользования на предприятии.

В практике хозяйствования реализуются три способа учета энергии: приборный, расчетный, опытно-расчетный.

Приборный способ учета энергии наиболее точный. Он осуществляется посредством использования измерительных приборов и автоматизированных информационно-измерительных систем. К измерительным приборам относятся электрические счетчики активной энергии и реактивной мощности, тепловые счетчики, счетчики расхода жидкого и газообразного топлива, весы для твердого топлива, манометры и термометры для фиксации давления и температуры энергоносителей и др.

Расчетный способ учета энергии не дает точных сведений и применяется в отдельных случаях, когда установка приборов не требуется.

Опытно-расчетный способ учета основан на сочетании разовых замеров энергетических показателей контрольно-измерительными приборами и дальнейшем определении их расчетным путем. Он применяется в тех случаях, когда установка прибора на том или ином объекте экономически не оправдана, а расчетный способ не обеспечивает достаточной точности получаемой информации.

Сочетание опытно-расчетного и приборного способов широко применяется в системе внутрипроизводственного учета энергии.

Организация учета энергии на предприятии включает ведение соответствующей документации. Различаются первичная и вторичная документация по учету энергии и ее носителей. Первичная документация – это документация, в которой регистрируются данные оперативного учета ТЭР по показаниям измерительных приборов либо информации сопроводительных документов. К первичной документации учета энергии относятся суточные ведомости эксплуатации агрегатов, вахтенные журналы, графики энергонагрузок и т. п. В первичной документации должны накапливаться сведения, на основании которых составляется энергетический баланс. Она должна также содержать первичные показатели, характеризующие качество обслуживания энергетического оборудования и его техническое состояние. Вторичные документы учета энергии – документы, отражающие итоговые и средние показатели работы энергетического оборудования и персонала за определенный период производственной деятельности (смену, сутки и др.). На основании данных вторичной документации составляются месячные энергобалансы, квартальные технические отчеты по эксплуатации энергооборудования, подводятся итоговые показатели и производится их анализ.

**Регулирование потребления и учет электрической и тепловой энергии.** Отпуск электрической энергии регулируется централизованно. Он осуществляется диспетчерской службой энергообъединения в соответствии с графиком электропотребления и нагрузкой в электросетях. Поставка электроэнергии потребителям производится на основании договора об электроснабжении.

Использование электрической энергии регулируется потребителями вручную – путем включения и выключения электри-

ческих приборов и оборудования либо изменения потребляемой мощности реостатами или трансформаторами. В некоторых случаях применяются автоматические отключатели, оборудованные часовыми механизмами (реле времени) либо работающие от фотоэлементов.

Различают однофазные и трехфазные счетчики. Однофазные счетчики применяются для учета электроэнергии у потребителей, питание которых осуществляется однофазным током (в основном, бытовых). Для учета электроэнергии трехфазного тока применяются трехфазные счетчики.

Трехфазные счетчики классифицируются следующим образом:

- 1) по роду измеряемой энергии: счетчики активной и реактивной энергии;
- 2) в зависимости от схемы электроснабжения, для которой они предназначены: трехпроводные счетчики, работающие в сети без нулевого провода, и четырехпроводные, работающие в сети с нулевым проводом;
- 3) по способу включения счетчики можно разделить на 3 группы: счетчики непосредственного включения (прямого включения); счетчики полукосвенного включения; счетчики косвенного включения (трансформаторные счетчики; трансформаторные универсальные).

В зависимости от назначения счетчику присваивается условное обозначение. В обозначениях счетчиков буквы и цифры означают: С – счетчик; О – однофазный; А – активной энергии; Р – реактивной энергии; У – универсальный; 3 или 4 – для трех- или четырехпроводной сети.

*Пример обозначения:* СА4У – трехфазный трансформаторный универсальный четырехпроводный счетчик активной энергии.

Техническая характеристика счетчика определяется следующими основными параметрами: номинальное напряжение и номинальный ток счетчиков; класс точности счетчика – это его наибольшая допустимая относительная погрешность, выраженная в процентах; передаточное число индукционного счетчика – это число оборотов его диска, соответствующее единице измеряемой энергии; постоянная индукционного счетчика – это значение энергии, которое он измеряет за 1 оборот диска; чувствительность индукционного счетчика; порог чувствительности; емкость счетного меха-

низма – определяется числом часов работы счетчика при номинальных напряжении и токе, по истечении которых счетчик дает первоначальные показания; собственное потребление мощности (активной и полной) обмотками счетчиков.

Регулирование производства и отпуска тепловой энергии осуществляется соответственно применяемой системе теплоснабжения. Потребление теплоты учитывают индивидуальными тепломерами, устанавливаемыми непосредственно в обогреваемых помещениях. По конструкции теплосчетчики делятся на механические и ультразвуковые.

Механические теплосчетчики (крыльчатые, турбинные, винтовые) – наиболее простые приборы. Эти теплосчетчики в значительной степени лишены дефектов, присущих электромагнитным и ультразвуковым расходомерам. Принцип действия механических теплосчетчиков основан на преобразовании поступательного движения потока жидкости во вращательное движение измерительной части. Механические теплосчетчики состоят из тепловычислителя и механических роторных или крыльчатых водосчетчиков. Это наиболее дешевые теплосчетчики, но к их стоимости надо обязательно добавлять стоимость специальных фильтров, которые устанавливаются перед каждым механическим теплосчетчиком. В результате цена таких комплектов на 10–15 % ниже теплосчетчиков других типов, но только для условных диаметров трубопровода не более 32 мм. Для трубопроводов большего диаметра цена механических и других теплосчетчиков практически одинакова, или даже выше. К недостаткам механических теплосчетчиков относится невозможность их использования при повышенной жесткости воды, присутствию в ней мелких частиц окалины, ржавчины и накипи, которые забивают фильтры и механические расходомеры. Кроме того, механические расходомеры создают наибольшие потери давления воды по сравнению с расходомерами других типов.

Ультразвуковые теплосчетчики работают на принципе изменения времени прохождения ультразвукового сигнала от источника до приемника сигналов, которое зависит от скорости потока жидкости. Существует множество модификаций ультразвуковых теплосчетчиков, но основной принцип работы любого из них заключается примерно в следующем: на трубе друг напротив друга устанавливаются излучатель и приемник ультразвукового сигнала. Излучатель посылает сигнал сквозь поток жидкости, а приемник через не-

которое время его получает. Время задержки сигнала между моментами его излучения и приема прямо пропорционально скорости потока жидкости в трубе. Оно измеряется, по его величине вычисляется расход жидкости в трубопроводе. В зависимости от взаимного положения излучателя и приемника существует порядка 10 модификаций ультразвуковых расходомеров. Ультразвуковые теплосчетчики хорошо работают при измерении расхода чистой, однородной жидкости по чистым трубам. Однако, при протекании жидкостей, имеющих посторонние включения (окалина, частицы накипи, песок, воздушные пузыри), и неустойчивом расходе они дают существенные неточности показаний.

Счетчик тепла Dymetic 9416 предназначен для измерения и регистрации расхода, температуры, давления, тепловой энергии, тепловой мощности, объема и массы теплоносителя (воды), объема и температуры холодной и горячей воды на тепловых пунктах потребителей или источников тепловой энергии: ТЭЦ, котельных, промышленных предприятий и организаций, жилых домов, магазинов, офисов и др. в открытых или закрытых системах водяного теплоснабжения, а также измерения и регистрации расхода и объема воды при учетных операциях в различных отраслях промышленности.

Теплосчетчик СТ-10 (рис. 2.1) состоит из счетчика горячей воды ВСТ; вычислителя тепловой энергии ВТЭ-1; комплекта термопреобразователей сопротивления РТ-500. Выводит на табло показания вычислителя «Тепловая энергия»; «Температура в подающем трубопроводе»; «Температура в обратном трубопроводе»; «Разность температур».

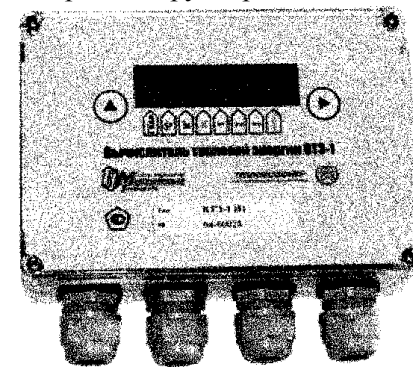


Рис. 2.1. Теплосчетчик СТ-10

Теплосчетчик СТ-3 предназначен для измерения и коммерческого учета количества тепловой энергии, объема и параметров теплоносителя в открытых и закрытых системах теплоснабжения у производителей и потребителей тепловой энергии различного назначения. Диапазон измерения температур теплоносителя ( $t$ ), °С, +5–+150. Диапазон измерения разности температур теплоносителя, °С +3–+145. Диапазон измерения расхода, м куб/ч, 0,03–1200.

Мультисистемный теплосчетчик КМ-9 предназначен для измерения, учета и регистрации количества теплоты, а также объема, массы, объемного и массового расхода и других параметров теплоносителя в одной или нескольких системах одновременно.

**Нормирование расхода ТЭР.** Основная задача нормирования энергопотребления – обеспечить применение в производстве методов рационального распределения и эффективного использования энергоресурсов. Нормирование расхода ТЭР является составной частью управления энергосбережением. Постановлением СМ Республики Беларусь № 1582 от 16 октября 1998 г. «О порядке разработки, утверждения и пересмотра норм расхода топлива и энергии» установлено следующее:

- нормированию подлежат расходуемые на основные и вспомогательные нужды субъектами хозяйствования всех форм собственности котельно-печное топливо, электрическая и тепловая энергия независимо от объема их потребления и источников энергообеспечения;

- пересмотр норм расхода топлива и энергии производится ежегодно субъектами хозяйствования в порядке, установленном техническими нормативными правовыми актами (ТНПА);

- нормы расхода топлива и энергии в обязательном порядке включаются в технологические карты, технические паспорта, ремонтные карты, инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции.

Утвержденное 24 декабря 1999 г. «Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь» определяет основные понятия:

*норма расхода ТЭР* – мера потребления ТЭР на единицу продукции (работы, услуги) определенного качества в планируемых условиях производства;

*фактический удельный расход ТЭР* – количество ТЭР, фактически израсходованное на единицу продукции или работы в реальных условиях производства;

*предельный уровень потребления ТЭР* – максимально возможное рациональное потребление ТЭР, необходимое для осуществления производственной деятельности субъекта хозяйствования на планируемый период.

Норма расхода ТЭР позволяет планировать потребность ТЭР на производство определенного количества продукции; анализировать работу предприятия и его подразделений путем сопоставления норм и фактических удельных расходов ТЭР; определять удельную энергоемкость данного вида продукции; сравнивать энергоемкость одноименного продукта, производимого разными способами.

Нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии классифицируются по следующим основным признакам:

- 1) по степени агрегации объектов нормирования: индивидуальные; групповые;
- 2) по составу расходов: технологические, общепроизводственные;
- 3) по периоду действия: текущие (квартальные, годовые), перспективные.

Индивидуальная норма расхода ТЭР – это норма расхода на производство единицы определенного продукта, изготавливаемого определенным способом на конкретном оборудовании.

$$H_u = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{V}, \quad (2.1)$$

где  $e_i$ ,  $n$  – статьи расхода и количество статей расхода, по которым рассчитывается норма;

$V$  – объем производства продукции.

Групповая норма расхода ТЭР – это норма расхода на производство единицы одноименной продукции, изготавливаемой по различным технологическим схемам, на разнотипном оборудовании, из различного сырья.

$$H_{гр} = \sum_{j=1}^k (H_u)_j \delta_j, \quad (2.2)$$

где  $(H_u)_j$  – индивидуальная норма расхода по  $j$ -ой технологической группе;

$\delta_j$  – удельный вес  $j$ -ой составляющей в общем объеме производства продукции;

$k$  – количество технологических групп.

Технологическая норма расхода ТЭР – это норма расхода на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции.

$$H_T = \frac{\mathcal{E}^T}{V}, \quad (2.3)$$

где  $\mathcal{E}^T$  – расход энергоресурсов на технологический процесс;

$V$  – объем производства продукции.

Общепроизводственная норма расхода ТЭР – это норма, которая учитывает расходы энергии на основные и вспомогательные технологические процессы, на вспомогательные нужды производства, а также технически неизбежные потери энергии в преобразователях, тепловых и электрических сетях предприятий, отнесенные на производство данной продукции.

$$H_o = \frac{\mathcal{E}^T + \mathcal{E}^B}{V}, \quad (2.4)$$

где  $\mathcal{E}^B$  – расход энергоресурсов на вспомогательные нужды.

В зависимости от уровня представления может быть несколько видов общепроизводственных норм: общецеховая, в которую кроме затрат энергоресурсов на технологические цели включают расходы в цехах на вспомогательные процессы, санитарно-технические нужды, освещение, регламентированные потери в цехе; общезаводская норма, в которую включают общецеховые и общезаводские расходы энергии и нормативные потери энергии в заводских сетях и преобразовательных установках; норма производственного объединения, которая включает дополнительно к общезаводской общие затраты энергоресурсов во вспомогательных службах объединения и потери, связанные с функционированием производственного объединения как единого целого.

Текущие нормы ТЭР устанавливаются для планирования и контроля за фактическим расходом ТЭР на год, квартал.

Перспективные нормы расхода ТЭР используются для перспективного планирования и прогнозирования ТЭР.

Основными методами разработки норм расхода ТЭР являются:

- опытный метод, сущность которого заключается в определении удельных затрат ТЭР по данным, полученным в результате испытаний (экспериментов);
- расчетно-статистический – на основе статистических данных об удельных энергетических затратах за ряд предшествующих лет, т. е. метод экстраполяции или энергетического планирования;
- расчетно-аналитический – на основе математического описания энергопотребления с учетом нормообразующих факторов.

Для проведения режима энергосбережения и анализа энергоиспользования (наряду с нормами расхода ТЭР) применяются такие показатели, как удельная энергоемкость продукции (работ, услуг), обеспеченность прироста потребности в ТЭР за счет их экономии, энергопроизводительность.

*Удельная энергоемкость продукции* – отношение всей потребляемой на производственные нужды за год энергии к годовому объему продукции.

*Обеспеченность прироста потребности в ТЭР за счет их экономии* – отношение экономии ТЭР к приросту потребности в ТЭР.

*Энергопроизводительность* – выход продукции на единицу стоимости ТЭР.

**Размерность норм расхода.** Нормы расхода ТЭР должны выражаться в соответствующих единицах, принятых при планировании и учете топлива, тепловой и электрической энергии, объемов производства продукции, а также обеспечить возможность объективного контроля за соблюдением этих норм. Расход топлива, тепловой и электрической энергии нормируется в следующих единицах:

- котельно-печное топливо – в килограммах условного топлива (кг у.т.);
- тепловая энергия – в мегакалориях (Мкал);
- электрическая энергия – в киловатт-часах (кВт·ч.);
- обобщенные энергозатраты – первичная энергия в тоннах условного топлива (т у.т.).

Условное топливо имеет теплотворную способность 7000 ккал /кг (29,3 ГДж/т). Реальные (натуральные) виды топлива переводятся в условное при помощи калорийных эквивалентов, которые представляют собой отношение теплотворных способностей натурального (нормируемого) вида топлива и условного.

### Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию норм расхода ТЭР.
2. Назовите методы, используемые для нормирования и оценки эффективности использования ТЭР.
3. С использованием каких соотношений производится расчет норм расхода ТЭР?
4. Для чего проводятся контроль расхода и учет энергоресурсов?
5. Какие методы используются для определения количества потребляемого топлива?
6. С помощью каких приборов можно измерить температуру? Как они устроены и каков принцип их работы?
7. Какие приборы используются для измерения расхода теплоносителя? Каков принцип их работы?
8. Что такое инфракрасная термография? Где она применяется?
9. С помощью каких приборов осуществляется учет электрической энергии?
10. Какие электросчетчики предпочтительней использовать?

### 2.1.2. Энергосберегающие процессы, технологии, установки, машины и аппараты, применяемые в сельском хозяйстве и переработке сельскохозяйственной продукции

*Потребление энергии в основных технологиях производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Методические основы определения «узких» мест в технологиях производства продукции растениеводства и животноводства и конструкции сельскохозяйственной техники и перерабатывающего оборудования с точки зрения энергосбережения. Сравнительный анализ затрат энергии на примере технологий производства и первичной переработки зерна, кормовых материалов, картофеля, льна, овощей, молока, мяса. Применение местных видов топлива в сельском хозяй-*

*стве.*

**Технологии получения основных видов продукции растениеводства.** Важнейшим показателем конкурентоспособности сельскохозяйственной техники является экономия трудовых и материально-технических ресурсов, достигаемая при выполнении технологических процессов. Необходимо, чтобы энергоёмкость работы всех машин соответствовала уровню лучших мировых образцов. Это значит, что расход топлива на пахоте не должен превышать 12–14 кг/га, на уборке зерновых – 2,8–3,0 кг/т, на сушке зерна – 6,0–6,5 кг/пл. т, при заготовке кормов из трав – 5–6 кг/т и приготвлении комбикормов 18–20 кг/т. В целом необходимо обеспечить снижение расхода топлива на 25–30 %, чтобы в себестоимости валовой продукции затраты на энергоресурсы не превышали 8–12 % (в зависимости от специализации хозяйств).

По показателям удельной конструкционной массы около 30 % сельскохозяйственных машин отечественного производства уступают зарубежным аналогам. Это объясняется низким объемом применяемых прогрессивных материалов. Например, доля низколегированных и легированных сталей в общем объеме потребления проката составляет 6,1 % против 18–20 % в зарубежном сельскохозяйственном машиностроении. Аналогичное положение и с пластмассами (0,4 % общего объема в наших машинах и около 2 % в зарубежных). Расчеты показывают, что снижение металлоёмкости отечественной сельскохозяйственной техники до уровня лучших мировых аналогов дало бы сокращение годовой потребности в металле не менее 25 тыс. т.

Большая экономия ресурсов может быть достигнута за счет сокращения номенклатуры технических средств на основе совершенствования типоразмерных рядов средств механизации и структуры МТП в целом, повышения доли комбинированных и универсальных машин, в том числе с использованием модульного принципа их создания, а также модернизации существующего парка машин, дооборудования машин новыми рабочими органами с приданием им дополнительных функций.

При ресурсном анализе, кроме энергоносителей, необходимо учитывать также расход трудовых ресурсов и материалоемкость. Если все материальные ресурсы, расходуемые на производство

продукции растениеводства и животноводства (нефтепродукты, металл, удобрения, химикаты и др.), перевести в условное топливо, то совокупные затраты энергоресурсов на получение 1 ц зерна в настоящее время составляют 28–30, картофеля – 9–12, сахарной свеклы – 6–8, говядины – 460–530, свинины – 465–512, молока – 83–93 кг у.т. Эти показатели, при всей условности сравнения, в 3–4 раза превышают уровень ресурсоемкости продукции сельского хозяйства США.

С учетом сложившихся в республике масштабов производства продукции расход материальных ресурсов в растениеводстве по совокупным энергозатратам (без затрат труда) распределяется следующим образом: зерновые – 36,2 %, картофель – 26,8 %, однолетние и многолетние травы – 17,7 %, естественные сенокосы – 7,3 %, кукуруза на силос – 5,6 %, остальные сельскохозяйственные культуры – 6,4 %.

Наибольшие затраты трудовых ресурсов приходятся на производство картофеля – 28,4 %, далее (в порядке убывания) следуют: зерновые – 19 %, однолетние и многолетние травы – 14,9 %, естественные сенокосы – 14 %, кормовые корнеплоды – 10,1 %, кукуруза на силос – 4,9 %, сахарная свекла – 4,0 %, остальные культуры – 4,7 %.

Получение урожаев и достижение продуктивности животных на уровне передовых хозяйств требуют увеличения расхода всех видов ресурсов в 1,5–2 раза по сравнению со средними республиканскими показателями. Этот путь для нас неприемлем. Республика может развивать сельское хозяйство только за счет широкомасштабного освоения ресурсов и энергосберегающих технологий, на основе коренной модернизации средств механизации.

Вместе с тем, имеющиеся экономические возможности требуют формирования приоритетности подхода к реализации мероприятий по ресурсосбережению.

Из всех механизированных процессов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур наиболее затратными являются пахота и уборка. Естественно, в этой сфере находятся и основные резервы ресурсосбережения. Наиболее ресурсоемкой операцией является уборка и доработка зерна и незерновой части урожая. На их долю приходится соответственно 15,3 % и 29,6 % расхода топ-

лива, 36,6 % и 13,7 % – расхода металла, 25,2 % и 5,9 % трудозатрат от всех затрат на производство зерна.

**Обработка почвы и посев.** Существенным резервом экономии дизельного топлива при проведении основной обработки почвы может оказаться использование мощных тракторов, агрегируемых с широкозахватными почвообрабатывающими орудиями. Если при послеуборочном дисковании стерни трактором МТЗ-80 в агрегате с бороной БДН-3 расход дизельного топлива составляет 5,8 л/га, то при проведении этой технологической операции агрегатом К-701 + БДТ-10 этот показатель равен 4,6 л/га. При проведении вспашки указанными тракторами, агрегируемыми с соответствующими плугами, расход дизельного топлива составляет соответственно 22,9 и 16,8 л/га. К тому же производительность труда при использовании трактора К-701 на указанных технологических операциях почти в 3 раза больше, чем трактора МТЗ-80.

Расчеты свидетельствуют, что при проведении на 1 тыс. га пахотных земель основной обработки почвы, включающей лущение стерни и зяблевую вспашку, суммарный расход топлива для трактора МТЗ-80 составляет 28,7 т, а затраты рабочего времени – 2127,8 ч. При использовании для этой цели трактора Т-150К расход топлива снижается на 10 %, а затраты рабочего времени – на 42 %. Проведение основной обработки почвы трактором К-701 позволяет снизить эти показатели соответственно на 25 % и 66 %. При этом важно, что высокопроизводительные пахотные агрегаты позволяют проводить основную обработку почвы в сроки, близкие к оптимальным.

В современных условиях ощутимое сокращение ресурсопотребления и снижение общих затрат на единицу продукции возможно только на основе технического перевооружения сельского хозяйства, которое должно вестись по двум направлениям: модернизация существующего парка машин хозяйств; разработка и оснащение сельскохозяйственных производителей новой эффективной техникой.

Примером реализации первого направления могут служить однорядные и двухрядные бесприводные культиваторы типа КР и ПК к чизельным плугам типа ПЧ и культиваторы типа КЧ, позволяющие с базовым орудием создавать высокоэффективные комбинированные агрегаты, обеспечивающие экономию на обработке почвы 8–24 кг/га топлива, металла – 8–12 кг/га, сокращение сроков подго-



товки почвы – в 1,5–3 раза. Производственная проверка показывает, что применение таких агрегатов приводит и к увеличению урожайности пропашных культур на 30–40 %, зерновых – на 15 %.

Одним из наиболее перспективных направлений снижения затрат энергии, труда и сохранения плодородия почвы является совмещение операций комбинированными агрегатами, выполняющими за один проход подготовку почвы к посеву, а в некоторых случаях – и посев. Однако современные требования к снижению энергоемкости процессов обработки почвы требуют перехода на более высокий уровень комбинированности, когда комбинированные агрегаты создаются не путем последовательного расположения органов, не взаимодействующих друг с другом, а комбинацией различных рабочих органов, одновременно обрабатывающих весь объем почвы.

В РУП «НПЦ НАН РБ по механизации сельского хозяйства» разработана новая комбинированная почвообрабатывающая машина с активно-пассивными рабочими органами МРП-2,1. Машина роторная почвообрабатывающая МРП-2,1, предназначенная для обработки минеральных и торфяных старопахотных и задернованных почв, в том числе засоренных мелкими камнями, на глубину до 15 см и подготовки их под посев различных сельскохозяйственных культур с созданием уплотненного семенного ложа, укрытого рыхлым мульчированным слоем почвы, позволяет в 2,5–3,0 раза уменьшить энергоемкость обработки по сравнению с классическими фрезерными машинами с Г-образными ножами, в 2,0–2,5 раза – по сравнению с орудиями, выполненными по схеме типа АПР-2,6.

Основными рабочими органами машины МРП-2,1 являются плоский пассивный трехсекционный нож и установленный над ним приводной «плавающий» в продольно-вертикальной плоскости ротор с пружинными зубьями. Совместное воздействие ножа и ротора на пласт почвы обеспечивает снижение энергоемкости его обработки за счет: исключения призмы волочения перед ножом и очистки его плоскости ротором, что уменьшает силу трения при движении отрезанного пласта почвы по плоскости ножа и силу трения последнего по дну борозды; снижения усилия на отделение зубом ротора порции почвы от подрезанного ножом пласта благодаря наличию в последнем сколов. Ее можно применять при возделывании трав, зерновых и пропашных культур для предпосевной (предпоса-

дочной) обработки зяби, стерневых фонов и полей после пропашных культур; разделки луговой дернины и пласта трав; дробления комьев с одновременным выравниванием поверхности поля после вспашки пересохших тяжелых почв.

Исследования и государственные приемочные испытания показали, что при обработке почвы на разных скоростных режимах и фонах качественные показатели работы МРП-2,1 удовлетворяют агротехническим требованиям, а энергетические – существенно ниже, чем у традиционных машин. При использовании на перепахивании лугопастбищных угодий комплексов машин МТЗ-82 + МРП-2,1, МТЗ-80 + ЗКШ-6, МТЗ-80 + СЗТ-3,6А и МТЗ-82 + ПЛН-3-35П, Т-150К + БДТ-7А, МТЗ-80 + АКШ-3,6, МТЗ-80 + ЗКШ-6, МТЗ-80 + СЗТ-3,6А расход топлива составляет соответственно 31 и 45,8 кг/га.

В перспективе на базе комбинированной почвообрабатывающей машины МРП-2,1 будет создано семейство комбинированных почвообрабатывающе-посевных и посадочных машин к тракторам различного класса. Основу модернизации технических средств для обработки почвы и посева составляет совмещение технологических операций путем создания и широкого применения высокопроизводительных универсальных комбинированных машин, позволяющих в 2–3 раза сократить число проходов техники по полю, экономить до 40 % топлива, повысить качество работ и урожайность возделываемых культур на 10–15 %.

Для реализации этих направлений необходимо ускорить оснащение хозяйств республики следующей техникой: плугами с полуинвентарными отвалами и углоснимами, обеспечивающими повышение качества вспашки; агрегатами для предпосевной обработки почвы АКШ-3,6, АКШ-6 и АКШ-7,2, которые выпускают 5 предприятий Беларуси. В настоящее время хозяйства республики обеспечены этими агрегатами примерно на 40 %. Оснащение ими хозяйств в полном объеме позволит дополнительно получать 300–400 тыс. т зерна и экономить 7–10 тыс. т дизельного топлива; новыми пневматическими сеялками СПУ-4, СПУ-6 и С-6 производства фирмы «Лидагропромаш», завода «Лидсельмаш» и Брестского электромеханического завода. Необходимо доработать конструкцию этих сеялок для внесения стартовой дозы фосфорных удобрений. Применение этих сеялок по сравнению с сеялками СЗ-3,6 обеспечивает прибавку

урожая зерновых 2–3 ц/га, повышение производительности труда на 70–80 % и экономию топлива до 30 %. Хозяйства республики обеспечены новыми сеялками примерно на 40 %.

С целью модернизации традиционных машин необходимо дооборудовать чизельные плуги ПЧ-2,5, ПЧ-4,5 и культиваторы КЧ-5,1, КЧН-5,4 приставками ПК-5,1, ПКД-5,1, К-5,4 и КР-2,5, КР-4,5.

Новые комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты АПП-3, АПП-4,5 и АПП-6 (рис. 2.2) выполняют все операции предпосевной обработки почвы и посев за один проход машинно-тракторного агрегата по полю, что обеспечивает повышение производительности труда до 60 %, снижение расхода топлива – на 1,5–2,0 кг/га по сравнению с раздельным выполнением операций машинами АКШ и СПУ. Эта технология дает прибавку урожая до 18 %.



Рис. 2.2. Комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты

**Уборка зерновых культур.** Главной особенностью уборки является то, что она определяет в значительной мере эффективность затрат ресурсов на всех предыдущих этапах возделывания культуры. Действительно, потеря одного процента урожая автоматически увеличивает на тот же процент уровень удельных затрат ресурсов. Вместе с тем требования к агросрокам уборочных работ являются одними из самых жестких в сельском хозяйстве. Осыпание зерна при его созревании является неизбежным естественным процессом развития растения. В таблице 2.1 приведены данные по темпам нарастания потерь различных видов зерновых культур.

Потери зерна от запаздывания со сроками уборки

Культура	Потери от осыпания, %		
	5 дней	10 дней	15 дней
Озимая рожь	3,4	13,8	20,2
Озимая пшеница	4,4	5,4	11,3
Ячмень	3,5	12,5	20,1

Основу парка зерноуборочных комбайнов республики (94–97 %) в течение последнего десятилетия составляют «Дон-1500» и СК-5 «Нива». При этом удельный вес первых увеличился с 30 до 52 %, а последних уменьшился с 67 до 43 %. На долю комбайнов других марок приходится не более 5–6 %. В последние годы в республику завозят комбайны различных марок и классов. Такая практика чревата значительными техническими проблемами поддержания работоспособности комбайнового парка в перспективе. При этом особенно негативным фактом является применение мощных современных комбайнов без учета экономических факторов, что приводит к перерасходу ресурсов. Например, по данным ГУ «Белорусская машинно-испытательная станция», при уборке зерновых урожайностью 25 ц/га комбайном КЗР-10 «Ротор» приведенные затраты в расчете на тонну зерна (при нормативной сезонной загрузке) составляют 52 доллара США, что близко к его закупочной цене. Приближается по затратности к этому показателю также использование комбайнов «Лида-1300» и «Бизон Z-110» – 50 долларов США на гектар. Почти вдвое ниже удельные расходы на уборку зерновых урожайностью 25–30 ц/га при использовании комбайнов «Дон-1500Б» и КЗС-7, на которые и следует ориентироваться в ближайшие годы. Высокопроизводительные комбайны с пропускной способностью молотильных аппаратов 10–12 кг/с экономически эффективно могут использоваться в ограниченном количестве хозяйств республики, получающих урожайность зерновых культур 40 и более центнеров с гектара.

Основу парка зерноуборочных машин составляет техника отечественного производства, тем более что за последние три года создано и освоено производство 5 моделей: заводом «Лидагропромаш» – «Лида-1300», «Лида-1500» и CF-80; ПО «Гомсельмаш» – КЗР-10; КЗС-7, КЗС-10, КЗС-1218. Сельское хозяйство Беларуси имеет достаточно широкий спектр природно-производственных условий. Можно утвер-

ждать, что парк зерноуборочных комбайнов, представленный указанными марками, соответствует всему разнообразию условий эксплуатации и экономически наиболее целесообразен.

Расчеты показывают, что только за счет оптимизации комбайнового парка годовая экономия может составить по республике: топлива – около 2,3 тыс. т, металла – 1,4 тыс. т и затрат труда – 900 тыс. чел.-ч. Поэтому при постепенном обновлении парка зерноуборочных комбайнов это обстоятельство должно быть определяющим.

Значительные резервы энергосбережения есть в процессах послеуборочной обработки и хранения зерна. Дефицит сушильного оборудования при снятии влажности зерна с 20–23 % до кондиционной оценивается в 30 % к потребности. В хозяйствах преобладают устаревшие (срок службы более 20 лет), энергоемкие и металлоемкие конструкции сушилок (удельный расход топлива 11–14 кг/пл. т, удельная металлоемкость – до 2000 кг/пл. т и выше, КПД топков не превышает 56 %). Не хватает 25–26 % хранилищ зерна от необходимого, а из имеющихся типовых – только 40 % обеспечены средствами механизации загрузки и выгрузки зерна.

Наибольшая экономия ресурсов может быть получена при послеуборочной доработке и сушке зерна, на долю которых приходится около 1/3 топлива и электроэнергии от всего потребления на производство зерна.

Непременным условием снижения потребления топлива является предварительная очистка всего зерна от грубого вороха и формирование к последующей сушке однородных по влажности партий. За счет этого на каждой тонне можно экономить 1,5–2,5 кг жидкого топлива (6–10 тыс. т на весь объем зерна). Значительным фактором снижения потребления топлива может стать так называемая «двухстадийная» технология сушки: 1) конвективная сушка зерна на шахтных, барабанных и других типах сушилок до влажности 17–18 %, при которой для съема влаги требуются минимальные энергозатраты; 2) отлежка просушенного до указанной влажности зерна в бункерах активного вентилирования, вентилируемых закромах напольных сушилок или складских помещений в течение 5–7 ч без вентилирования с целью постепенного перераспределения тепла и увеличения пористости зерновой оболочки; 3) последующее досушивание активным вентилированием подогретым или хо-

лодным воздухом (в зависимости от относительной влажности – свыше 65–70 % необходим подогрев).

За счет практической реализации такой технологии можно получить экономию 30–40 % топлива. Такая технология наиболее эффективна там, где обеспеченность мощностями сушки недостаточная.

Сохранность выращенного урожая достигается, в первую очередь, с помощью сушки, которая является единственным надежным способом прекращения активных биохимических процессов в растительных материалах и их консервирования. В то же время технологии сушки, используемые в сельском хозяйстве, имеют большую энергоемкость. На сушку зерна и кормов приходится 40–50 % энергозатрат, идущих на послеуборочную обработку, или 6–8 % всех энергозатрат на производство этих видов продукции. Низкая производительность сушильных комплексов, недостаточная обеспеченность ими приводят к тому, что из-за несвоевременной сушки на зернотоках республики ежегодно теряется 250–300 тыс. т зерна или 3–5 % выращенного урожая.

В хозяйствах применяются зерновые сушилки колонкового типа СЗК-8.

Функциональная схема сушилки обеспечивает сушку по двум способам использования теплоносителя: прямоточному, когда отработавший теплоноситель из секций нагрева, сушки и охладителя выпускают в атмосферу; с рекуперацией тепла, когда теплоноситель, отработавший в секции сушки, и воздух, подогретый в охладителе, направляются на вход теплогенераторов, где смесь подогревается до заданной температуры и, таким образом, недоиспользованное тепло возвращают в цикл сушки.

Топочные агрегаты АТ-0,3 (их два) имеют автономное управление, которое автоматически обеспечивает пуск и поддерживает температуру теплоносителя на заданном уровне в пределах 40–100 °С. Первый агрегат соединен с секцией нагрева зерна, а второй работает с секцией сушки. Управление сушилкой осуществляется изменением ее пропускной способности (производительности), температуры и подачи теплоносителя. Автоматическая система изменяет пропускную способность сушилки в зависимости от исходной и конечной влажности зерна. Для визуального контроля за ходом технологического процесса и параметрами сушки необходимая информация вы-

водится на табло в помещении операторской. Имеется возможность вмешательства оператора при отклонениях от заданного режима сушки. Температура и подача теплоносителя регулируются автоматически раздельно для каждой из сушильных секций в зависимости от температуры нагрева зерна.

Автоматическая система содержит (рис. 2.3) датчики 13 верхнего и нижнего уровней заполнения бункера, датчик (блок) 14 температуры и влажности сырого зерна, размещенный на входе в секцию нагрева, датчик (блок) 12 температуры и влажности высушенного зерна, размещенный на выходе из секции сушки, устройство 15 переключения способов сушки (прямоток, рекуперация), микропроцессор блока управления сушилкой, автоматически управляемый привод 8 выпускных устройств, ящики управления теплогенераторами.

Сигнал от датчика 14 поступает в микропроцессор и задает режим работы теплогенератора № 1, а также устанавливает способ сушки. При влажности сырого зерна 22 % и менее устройство 15 переключает потоки теплоносителя на рекуперацию. Датчик 12 контролирует температуру нагрева и влажность высушенного зерна. При отклонениях от нормы сигнал поступает в микропроцессор, который выдает команду выпускным устройствам 8 увеличить (уменьшить) скорость перемещения зерна по колонкам и (или) изменить режим работы теплогенератора № 2. Подсистема контроля уровня заполнения надсушильного бункера автономна.

На основе комплексного использования (рекуперации) теплоносителя отработаны энергосберегающие режимы сушки семенного и фуражного зерна. Расход топлива на сушку плановой тонны фуражного зерна снижен до 5,6 кг. В целом конструкция зерносушилки в сочетании с системой автоматизации работы топочных агрегатов и управления сушилкой снижает расход энергии на 1 кг испаренной влаги до 3600 кДж.

Замена устаревшего топочного оборудования существующих КЗС (КПД 46–52 %) более эффективными топочными агрегатами, разработанными РУП «НПЦ НАН РБ по механизации сельского хозяйства» и НП «Брестсельмаш» (КПД 90–92 %), обеспечивает экономию топлива в 1,5–2,0 раза (3,5–5 кг/пл. т зерна) и окупаемость затрат за 2–2,5 года.

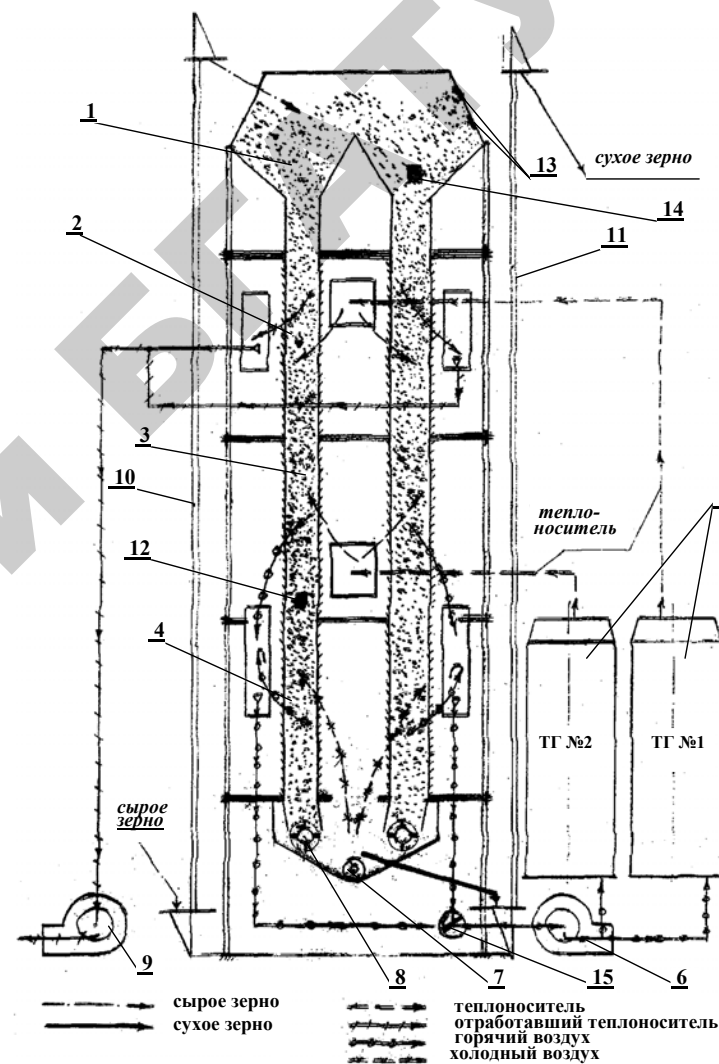


Рис. 2.3. Схема работы сушилки зерна СЗК-8

Замена устаревших сушильных установок машинами нового поколения (рис. 2.4–2.6) позволит снизить потребление топлива на одну плановую тонну зерна до 3,46–5,6 кг. Эти показатели почти в 3 раза лучше, чем у существующего сушильного оборудования. Освоение в складских помещениях или навесах установок типа



УДЗ-1200 для досушивания и хранения зерна также позволит обеспечить экономию 1,5–3,5 кг у.т. на тонну зерна. В установках активного вентилирования зерна может найти применение технология подогрева теплоносителя с использованием гелиоколлекторов марок ГПВ-240 и ГПВ-150.



Рис. 2.4. Общий вид колонковых зерносушилок СЗК-8 и СЗК-8-1



Рис. 2.6. Общий вид установки для досушивания и режимного хранения зерна УДЗ-1200



Рис. 2.5. Общий вид шахтных зерносушилок СЗШР-8 (на твердом топливе) и СЗШР-16 (на жидком топливе)

Рассмотрим технологическую схему работы системы, состоящей из гелиоколлектора и бункера активного вентилирования (рис. 2.7).

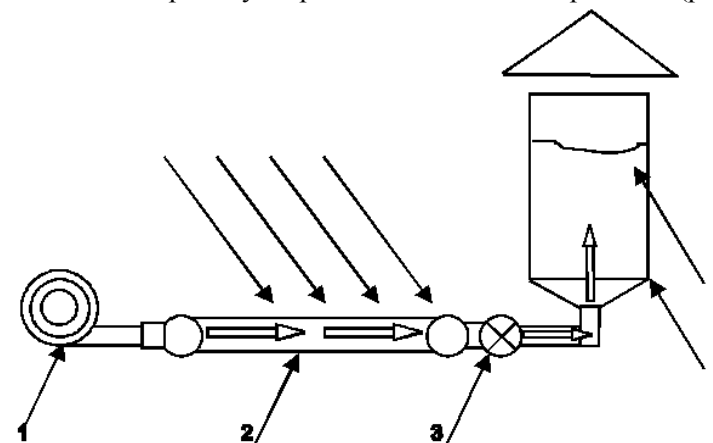


Рис. 2.7. Технологическая схема применения гелиоколлектора для сушки зерна:

1 – вентилятор гелиоколлектора; 2 – гелиоколлектор; 3 – вентилятор бункера; 4 – бункер активного вентилирования; 5 – зерновой ворох

Вентилятором 1 воздух нагнетается в воздуховоды коллектора 2, где нагревается, отбирая тепло от тепловоспринимающей поверхности, обращенной к солнцу. На выходе из коллектора подогретый воздух напорным вентилятором бункера 3 подается в распределительную полость бункера активного вентилирования 4, затем проходит через слой просушиваемого зерна 5 и выбрасывается в открытую атмосферу. Технологические параметры процесса вентилирования зерна в гелиоколлекторе представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Технологические параметры процесса вентилирования зерна в зависимости от температуры подогрева воздуха в гелиоколлекторе

Температура подогрева воздуха, °С	Удельная рабочая площадь гелиоколлектора, м <sup>2</sup> /т	Влагопоглощающая способность воздуха, г/кг	Продолжительность сушки, ч	Коэффициент интенсификации, отн.ед.
0	–	0,9	140	1
2,5	2,8	1,5	84	1,7
5,0	5,6	2,1	60	2,3
7,5	8,4	2,7	47	3,0

Установлено, что в природно-климатических условиях регионов, аналогичных Республики Беларусь, для гарантированной досушки зерна в бункере активного вентилирования емкостью 20 т типа БВ-20 гелиоколлектор должен иметь следующие характеристики: мощность вентилятора наддува 2,0 кВт, производительность вентилятора наддува – 10000 м<sup>3</sup>/ч, активная площадь гелиоколлектора – 150 м<sup>2</sup>.

Анализ данных показывает, что для низкотемпературного подогрева воздуха при активном вентилировании зерна, например, на 5 °С, удельная рабочая площадь гелиоколлектора должна составлять 5,6 м<sup>2</sup> на тонну досушиваемого зерна, что позволяет ускорить процесс сушки приблизительно в 2,3 раза по сравнению с использованием неподогретого атмосферного воздуха.

Особого внимания заслуживает уборка незерновой части урожая, так как трудоемкость уборки и переработки соломы в несколько раз выше, чем уборки зерна: 4,5–12 чел.-ч/т против 1,5–2,5 чел.-ч/т.

Для уборки соломы имеется несколько механизированных комплексов и технологий: укладка копен, сволокивание их на край поля, скирдование, погрузка из скирд и доставка на кормовой двор;

укладка соломы в валки, прессование или рулонирование, погрузка, доставка, закладка на хранение; измельчение соломы из комбайна, доставка сечки и половы, закладка на хранение.

Выбор каждой из этих технологий необходимо осуществлять в зависимости от конкретных условий и эффективности с точки зрения ресурсопотребления. Солому зерновых культур, подсеянных травами, целесообразно убирать на сенаж (силос) с применением измельчителя комбайна типа ПУН-5, а при использовании на сухой грубый корм – укладкой в валки с последующим рулонированием или прессованием. Остальную солому для использования на корм или подстилку можно убирать по любой технологии, но наиболее экономичная из них – копенная, с применением следующего комплекса машин: волокуша ВТН-8 – стогометатель типа ПФ-0,5 – стоговоз СТП-2М (волокуша и стоговоз разработаны в РУП «НПЦ НАН РБ по механизации сельского хозяйства» и освоены АО «Амкатор-Можа»). По сравнению с другими копенная технология позволяет сократить сроки уборки в 1,5–2,0 раза, уменьшить потребление топлива на 14–19 кг/га, металлоемкость – на 1,5–1,9 т/га и затраты труда – на 2–2,5 чел.-ч/га.

Реализация предлагаемых мер позволит снизить потребление энергоресурсов не менее чем на 25–30 %, потери зерна и незерновой части урожая – в 1,5–2,0 раза и более.

**Техническое обеспечение технологий возделывания картофеля и льна.** Технология возделывания картофеля на гребнях с междурядьями 70 см многие годы господствовала во всех регионах СССР и ныне, по инерции, продолжает свое существование в качестве основной в Беларуси. Положительные результаты работ по поиску новых модификаций технологии, проведенных в последние десятилетия прошлого века, оставались невостребованными. В условиях полного достатка в топливе, удобрениях и технике при плано-распределительной системе хозяйствования себестоимость картофеля не являлась критерием производства. Резко изменившаяся в 1990–2000 гг. экономическая ситуация приблизила цены на основные ресурсы к их реальной стоимости, а рыночные условия сбыта картофеля заставили считать его себестоимость.

Попытки снизить себестоимость картофеля за счет сокращения расходования ресурсов на его возделывание по старой технологии привели к обратному эффекту из-за резкого снижения урожайности. При этом стали очевидными недостатки гребневой технологии

с междурядьями 70 см, особенно на бедных гумусом почвах и в нестабильных гидрометеорологических условиях, что характерно для Беларуси. Основными недостатками этой технологии в агрономическом плане являются малый объем почвы для формирования урожая в клубневом гнезде, сложность поддержания водно-воздушного режима гребня, особенно в экстремальных погодных условиях, существенное отрицательное влияние на клубневое гнездо ходовых систем агрегатов при междурядных обработках. При этом следует заметить, что на склонах к самоуплотнению почвах 3–4 междурядные обработки почвы необходимы для поддержания ее в рыхлом состоянии, а не только для борьбы с сорняками. Из-за недостаточного объема почвы для формирования клубневого гнезда в гребнях с междурядьями 70 см уже при урожае 250–300 ц/га наблюдается позеленение 12–15 % клубней.

В нашей республике и Российской Федерации в последнее десятилетие выполнен большой объем научно-исследовательских работ и производственных опытов по изысканию эффективной технологии возделывания картофеля, результаты которых позволяют сделать обоснованный вывод о целесообразности перехода на гребневую технологию с междурядьями 90 см как основную при возделывании продовольственного картофеля. Возможность выращивания семенного картофеля на гребнях с междурядьями 90 см на текущий момент недостаточно изучена, поэтому для семеноводства остается гребневая технология с междурядьями 70 см, модифицированная некоторыми агроприемами, отработанными по технологии продовольственного картофеля. Переход на междурядья 90 см дает следующие основные преимущества: увеличивается объем почвы в гребне, расширяются возможности маневра перебросом почвы из борозды в гребень при конкретных почвенных и метеорологических условиях; стабилизируется и легче регулируется водно-воздушный режим почвы в гребне; на 25 % сокращается поверхность почвы на поле (в защитных зонах), которую нельзя подвергнуть механической обработке с целью рыхления и уничтожения сорняков при послеуборочных обработках; на 28 % сокращается количество проходов по полю агрегатов посадочных, для междурядной обработки и уборочных; уменьшается негативное воздействие ходовых систем агрегатов на клубневое гнездо, открывается возможность использования тракторов класса 2.

Основными отличительными особенностями разработанного комплекса полевых операций для гребневой технологии с между-

рядьями 90 см являются щелевое рыхление почвы и переход к подпочвенному слою при нарезке борозд под посадку картофеля, поэтапное наращивание гребня при междурядных обработках путем выемки почвенного пласта из борозды и наброса его на гребень с полным поворотом и последующим дроблением и прочесыванием для уничтожения сорняков. Перечисленные операции эффективны и при междурядьях 70 см, их выполнение обеспечивает новый культиватор-окучник ОКГ-4 (рис. 2.8).

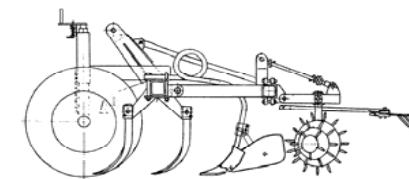


Рис. 2.8. Культиватор-окучник ОКГ-4

хозяйственной проверка модифицированной гребневой технологии с междурядьями 90 см в течение 5 лет на различных почвенных фонах в Минской и Гродненской областях, а также государственных приемочных испытаниях новых разработанных машин, используемых в этой технологии, выявили снижение на 25–32 % погектарных затрат топлива, металла и труда на полевых операциях по посадке, междурядным обработкам и уборке картофеля. Получена стабильная прибавка урожая на 20–22 %. В целом переход на модифицированную гребневую технологию с междурядьями 90 см обеспечивает снижение себестоимости производства продовольственного картофеля на 17–20 %.

Внедрение предлагаемой технологии обеспечено разработкой и освоением производства комплекса новых машин, способных работать с междурядьями 70 и 90 см. Картофелесажалка четырехрядная полунавесная Л-207 с элеваторным высаживающим аппаратом может перенастраиваться для работы на междурядьях 70, 75 и 90 см, имеет бункер большого объема. Производство сажалки освоено заводом «Лидсельмаш». За последние годы создана и апробирована серия оригинальных, унифицированных, высокоэффективных ресурсосберегающих орудий с активно-пассивными рабочими органами (МРП-2,1, ПАН-3) для комбинированной обработки почвы,

использующих принцип многооперационности и разноглубинности обработки почвенных и подпочвенных слоев, обеспечивающих высокое качество крошения почвы.

Эффективность использования машин с активно-пассивными рабочими органами МРП-2,1 и ПАН-3 оценивалась путем сравнения урожайности и затрат ресурсов на единицу площади. Значительный эффект получен в результате того, что использование машины МРП-2,1 на предпосадочной обработке почвы и довсходовом окучивании посадок картофеля позволило заменить три машины – плуг, культиватор и окучник-гребнеобразователь. При этом (по сравнению с традиционной технологией) сокращается шлейф машин с пяти до трех, а количество проходов машинно-тракторных агрегатов по полю – с девяти до пяти. Возделывание картофеля по технологии с использованием машины МРП-2,1 обеспечило экономию топлива – 39 %, металла – 66 %, труда – 40 %.

Аналогичные результаты получены при использовании агрегата ПАН-3 в технологии возделывания картофеля с междурядьями 70 и 75 см. Он, как и машина МРП-2,1, позволяет сократить шлейф машин и соответственно число проходов по полю. За счет совмещения этих операций экономится, в среднем, 7 кг топлива на гектар. Агрегат может проводить довсходовое окучивание картофеля, а также формировать гребни и гряды любой конфигурации в пределах захвата ширины 3 м, за счет этого сфера его применения распространяется и на овощеводство.

**Механизация льноводства.** Среди возделываемых в настоящее время в республике сельскохозяйственных культур лен-долгунец (при урожайности волокна свыше 8 ц/га) занимает одно из первых мест по рентабельности производства. При этом льноводство остается одной из наиболее трудоемких отраслей. На производство одного центнера тресты сегодня затрачивается 3,6–4,5 чел.-ч живого труда. Особенно трудоемкой является уборка льна, на которую приходится около 70 % всех затрат труда при производстве культуры. Причина – широкое применение в хозяйствах устаревшей сноповой технологии уборки льнотресты, в которой применяется низкопроизводительный ручной труд. По этой технологии вытеребленный лен укладывается лентами на льнице для росяной мочки. При достижении льнотрестой необходимой кондиции она поднимается вручную и вяжется в снопы, которые затем загружаются в транспортное средство и доставляются на пункты приема льнозаводов. Из-за низкой производительности ручного труда и нехватки рабо-

чей силы период уборки затягивается и обычно приходится не на лучшее по погодным условиям время. Воздействие неблагоприятных погодных условий на тресту приводит не только к потере урожая (до 30 %), но и ощутимо снижает ее качество, вследствие чего средний номер заготовок по республике на протяжении многих лет не превышает 1,0.

Основная продукция льна-долгунца – волокно, сроки формирования которого не совпадают со сроками созревания семян. У льна выделяют следующие фазы спелости: зеленую, раннюю желтую, желтую и полную. Преждевременная уборка приводит к недобору урожая. Запоздывание с уборкой ухудшает качество волокна и увеличивает потери семян. Поэтому лен нужно убирать в такой период, когда обеспечивается высокий урожай волокна и семян при хорошем их качестве.

В. Г. Черников предлагает классификацию способов уборки льна (рис. 2.9) по виду технологической схемы и различает сноповую, комбайновую и раздельную уборки. Необходимо разделять технологии не только по способу теребления (ручной или механизированный), но и по виду раздельной уборки, а также дополнить классификацию операцией ухода за льнотрестой и способом ее подъема. Это необходимо для того, чтобы эффективно совместить принятую технологию возделывания и уборки льна с технологией его первичной переработки.

В основу технического обеспечения уборки льна должна быть положена система машинных технологий и технических средств, дифференцированных по зональным условиям и удовлетворяющих требованиям интенсификации, ресурсосбережения, экологии и биологическим особенностям культуры. Уже на стадии теребления льна в зависимости от назначения посева, его состояния и складывающихся в период уборки погодных условий целесообразно применение двух технологий: комбайновой и раздельной. При этом раздельная (двухфазная) уборка может выполняться по схемам с очесом (обмолотом) семян в поле или на льнозаводе в поточной линии переработки льнотресты. Обе технологические схемы апробированы в производственных условиях республики. Накопленный опыт показывает, что по раздельной технологии с очесом (обмолотом) семян на поле в среднесрочном прогнозе должны убираться в благоприятных погодных условиях, прежде всего, семеноводческие посевы в хозяйствах, а также посевы льна с высокой урожайно-



стью семян. В условиях частых дождей такие посевы следует убирать комбайновым способом.

В переработке льновороха, особенно от комбайнов, важным является предшествующее сушке его обогащение, разделение на фракции: путанина с сорняками и семена с мякиной. Досушивание второй, сухой фракции, до кондиционной влажности потребует значительно меньшего расхода топлива, который в настоящее время составляет 80–90 кг на 1 т массы вороха. Экономия энергетических ресурсов вызывает необходимость заготовки льнотресты только методом росной вымочки на льнище. При этом обязательным приемом ускорения мочки, повышения качества льноволокна и сохранения выращенного урожая должно стать оборачивание лент льна: одно-двухразовое – при урожайности волокна с 3 до 8 ц/га, двух-трехразовое – при урожайности выше 8 ц/га. При урожайности до 3 ц/га необходимо использовать вспушивание или ворошение лент.

Уборка льнотресты должна осуществляться с постоянным увеличением объемов заготовки по рулонной технологии, обеспечивающей комплексную механизацию работ, как в поле, так и на льнозаводе. Для реализации новых технологических подходов к возделыванию и уборке льна разработан и выпускается новый комплекс механизированных средств, включая плуг для гладкой вспашки к новым тракторам МТЗ-1221 и МТЗ-1522, культиватор чизельный с приставкой для полупаровой и финишной подготовки почвы, распределитель удобрений, опрыскиватель, льняные механическая и пневматическая сеялки и комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат, обеспечивающий внесение стартовых доз фосфорных удобрений. Такой комплекс позволяет качественно вспахать землю, равномерно внести удобрения, подготовить семенное ложе, высеять семена на заданную глубину, своевременно выполнить химическую обработку культуры. Применение новых машин сделает посеы более устойчивыми к воздействию непредвиденных факторов, позволит повысить урожайность на 15 %, уменьшить затраты труда на 15–20 %, металла – на 10–15 %, топлива – на 20–25 %.

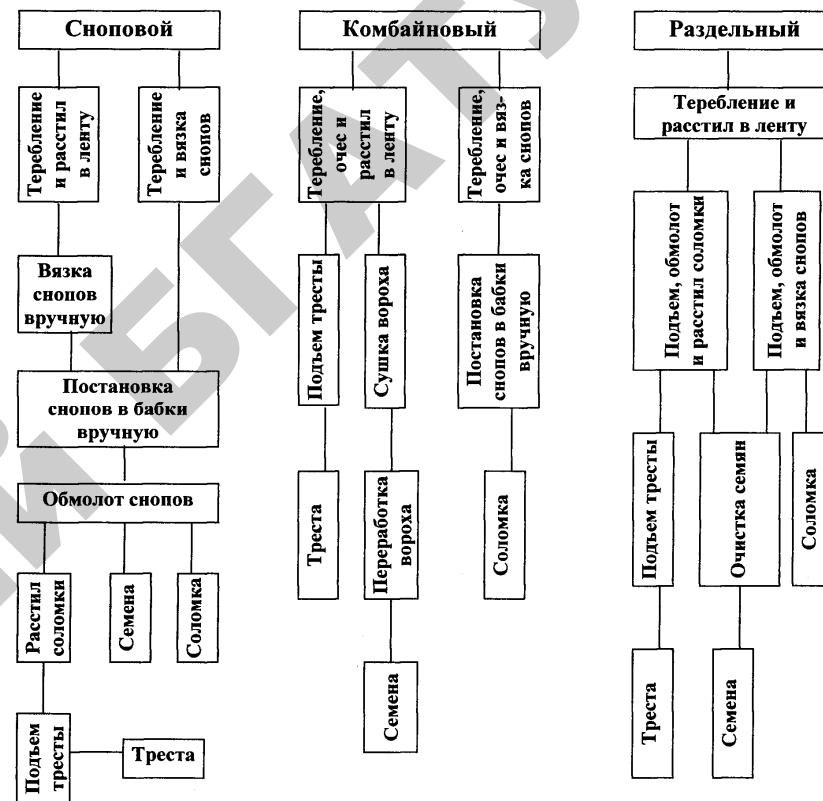


Рис. 2.9. Технологические схемы уборки льна-долгунца

Основной машиной для уборки льна в республике в настоящее время остается прицепной комбайн ЛК-4 (ЛК-4А). Следует иметь в виду, что эффективное использование уборочного агрегата на базе льнокомбайна ЛК-4А возможно лишь при обязательном применении на отвозке льновороха с поля одного-двух прицепов 2ПТС-4 с трактором МТЗ-80/82. В то же время при работе самоходного льнокомбайна отвозка льновороха может быть организована автотранспортом, который в период уборки на льнозаводе не задействован. Значительный практический материал для оценки получен в ходе испытаний и опытной эксплуатации в почвенно-климатических условиях Беларуси самоходного комбайна U-26 фирмы «Union» (Бельгия) (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Льнокомбайн самоходный фирмы «Униоп» модель U-26

Испытания проводились для сравнения с льноуборочным комбайном ЛК-4А производства ОАО «Бежецксельмаш» (Россия), в агрегате с трактором МТЗ-82.1 и прицепом 2ПТС-4. Условия испытаний были характерны для республики и, в основном, соответствовали требованиям, предъявляемым к механизированной уборке льна-долгунца. В результате лабораторно-полевых испытаний установлено, что льнокомбайн U26 выполняет технологический процесс при рабочих скоростях движения 6,2–11,4 км/ч, в то время как льнокомбайн ЛК-4А – 4,3–8,8 км/ч. По чистоте теребления, очеса, потерях семян, составу получаемого льновороха льнокомбайны существенно различаются друг от друга и соответствуют нормативным требованиям.

Важным элементом получения качественного льняного сырья и, соответственно, снижения удельных затрат ресурсов на единицу продукции является такой агроприем, как оборачивание лент льна, а также его вспушивание (ворошение). Оборачивание льнотресты создает одинаковые условия для стеблей верхнего и нижнего слоев и, тем самым, повышает однородность тресты по степени вылежки, а также улучшает цвет волокна. Ворошение не столь эффективный прием, но его целесообразно применять в условиях повышенной влажности и прорастания ленты сорняками, когда резко ухудшаются условия воздухообмена. В этом случае вначале необходимо про-

вести вспушивание лент, а через 5–7 дней оборачивание. Необходимо помнить, что в условиях нормального увлажнения ворошение увеличивает длительность вылежки тресты. Оно особенно эффективно перед рулонированием тресты, так как не только ускоряет просыхание ленты, но и снижает засоренность льносырья.

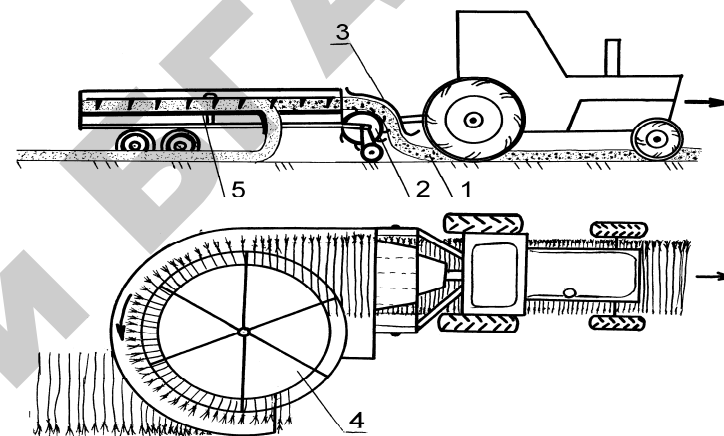


Рис. 2.11. Оборачиватель лент льна ОД-1:

1 – стебли ленты льна; 2 – пальцы подборщика; 3 – прижимное устройство; 4 – скребковый транспортер; 5 – настил

При наступлении погодных условий, способствующих прорастанию лент, и при подготовке поля к работе пресс-подборщика для рулонирования тресты используются вспушиватели ВЛ-2, ВЛ-3, В-1 и вспушиватель-порциеобразователь ВПН-1 (рис. 2.12).

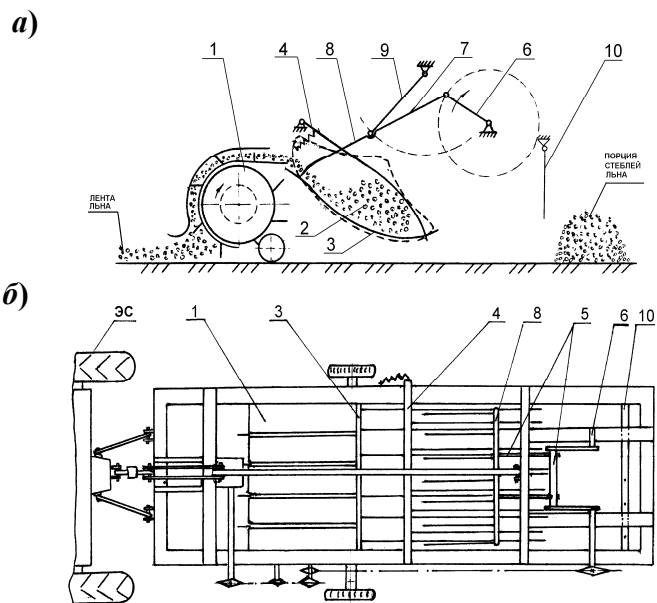


Рис. 2.12. Вспушиватель-порцьеобразователь навесной ВПН-1:  
 а – схема технологического процесса вспушивателя на порцьеобразовании;  
 б – конструктивная схема вспушивателя (вид сверху): 1 – подборщик; 2 – камера формирования порций; 3 – днище; 4 – верхний клапан; 5 – кривошипно-шатунный механизм; 6 – кривошип; 7 – шатун; 8 – граблина; 9 – коромысло; 10 – отражающий фартук; 11 – рама

Рулонная технология уборки льнотресты позволяет сократить в 6–8 раз затраты труда по сравнению с подъемом тресты вручную, а по сравнению с использованием вспушивателя-порцьеобразователя ВПН-1, собирающего тресту в порции, – в 3–4 раза.

При частом выпадении дождей, с целью исключения перележки, необходимо устанавливать вылежавшуюся тресту в шатры или конуса. Эффективным средством механизации при этом является вспушиватель-порцьеобразователь ВПН-1. Применение этой машины позволяет увеличить производительность работ в 2–3 раза. Вопрос о необходимости разработки специального льняного пресс-подборщика не вызывает сомнения, так как применяемые в настоящее время в республике пресс-подборщики изначально разрабатывались для прессования в большие паковки грубых кормов и соломы зерновых культур и не учитывают особенности прессования льнотресты. Наиболее распространенными пресс-подборщиками, применяемыми для рулонирования льна в хозяйствах республики, в настоящее время являются модели ПРФ-110Л (РУПП «Бобруйскагромаш»), а также морально и физически устаревшие машины Киргизского производства ПРП-1,6 с приспособлением ПРЛ-1.

По документации РУП «НПЦ НАН РБ по механизации сельского хозяйства» РУП «Бобруйскагромаш» изготовлен опытный образец специального рулонного пресс-подборщика ПРЛ-150 (рис. 2.13). Необходимость разработки новой машины данного типа обусловлена наличием существенных недостатков у каждого из применяемых прессов.



Рис. 2.13. Пресс-подборщик рулонный специализированный для подбора льна ПРЛ-150

Для пресс-подборщика ПРЛ-150 выбрана конструкция с прессовальной камерой переменного объема. Выбор обусловливается явными преимуществами такой конструкции в сравнении с камерой постоянного объема при рулонировании льна.

Реализация нового комплекса машин для механизированной технологии возделывания льна позволяет существенно снизить затраты труда, топлива и металла на возделывание этой культуры.

**Заготовка и переработка кормовых материалов.** Кормопроизводство республики основывается на заготовке кормов из трав, силосных культур, зернофуража, корнеклубнеплодов. Используются также отходы растениеводства и промышленности, перерабатывающей сельскохозяйственное сырье. Несмотря на относительно высокий уровень развития, отрасль нуждается в глубокой структурной перестройке и коренной технической модернизации. Затраты труда на производство кормов в 2–3 раза превышают затраты в развитых странах. Среднегодовая потребность в технике для заготовки кормов из трав удовлетворяется только на 60–83 %, в лугопастбищной – на 30–50 %. Низкий уровень материально-технической базы не позволяет перейти в кормопроизводстве к массовому применению прогрессивных технологий: заготовке прессованного сена, которая составляет около 48 % от общего объема его производства вместо требуемых 60–70 % (в США заготавливают 90 %); досушиванию сена методом активного вентилирования, в том числе с применением солнечных коллекторов (около 5 %); приготовлению силоса с использованием консервантов (не более 15 %, что значительно меньше, чем в развитых странах с аналогичными климатическими условиями).

В заготовке травяных кормов принципиально важное значение имеют качественные показатели. Расчеты показывают, что из-за несоответствия основной массы кормов зоотехническим требованиям расход их на единицу продукции в 1,5–2,0 раза превышает нормативный уровень, а потери животноводческой продукции в республике по этой причине эквивалентны примерно 1,0 млн т молока или 100 тыс. т мяса. Качество травяных кормов в большой мере зависит от технологии их приготовления. Безусловно, что этот процесс во многом определяется складывающимися погодными условиями. Вместе с тем, следует иметь в виду, что по всем показателям наиболее экономически эффективен сенаж. По данным Белорусского НИИ земледелия и кормов гектар посева многолетних бобово-злаковых трав при урожайности зеленой массы 150 ц/га при

закладке сенажа обеспечивает получение 2530 кг молока, силоса – 1850 и сена естественной сушки – 1290 кг. Именно поэтому в зарубежных технологиях приготовления и использования травяных кормов предпочтение отдается сенажу. В хозяйствах республики широкое распространение получили технологии заготовки рассыпного, прессованного и измельченного сена. В рассыпном виде ежегодно заготавливают около 60% всего сена. Уменьшить затраты топлива на его заготовку и потери от снижения питательной ценности можно сокращением времени нахождения скошенной травы в поле. Ускорение сушки скошенных трав достигается при раннем утреннем скашивании, а также активном их ворошении один–два раза в день. На участках с урожайностью более 200 ц/га зеленой массы в 2–3 раза ускоряется влагоотдача у трав, скошенных в прокос, чем в валок массой более 4 кг на 1 м длины поля. Наименьшие энергозатраты на приготовление рассыпного сена – 308 ГДж, однако затраты на его транспортировку по сравнению с прессованным и брикетами выше соответственно на 268,3 и 163,9 ГДж, т. е. в 1,45–2,5 раза. Это обуславливает более высокие (на 252,1 ГДж) затраты совокупной энергии при производстве рассыпного сена по сравнению с прессованным.

Перспективной и наиболее эффективной энергосберегающей технологией заготовки грубых кормов является прессование сена с внесением химических консервантов. Энергозатраты при этом составляют 2,5–3,0 кг у.т. на 1 ц к. ед. Заготовка сена осуществляется посредством внесения при прессовании 10–15 кг пропионовой кислоты на 1 т прессуемой массы повышенной влажности (30–35 %).

Многие исследователи отмечают, что наиболее прогрессивными являются технологии заготовки сена в измельченном виде. В случае заготовки сена полевой сушки в измельченном виде затраты энергии и средств могут быть снижены в 1,2–1,5 раза по сравнению с технологиями заготовки рассыпного и прессованного сена. Включение в технологический процесс заготовки сена операции досушивания массы, проявленной в поле до влажности 35–45 %, активным вентилированием в хранилище позволяет сократить полевые потери урожая в 2,5–3,0 раза и получить корм хорошего качества. Несмотря на увеличение затрат энергии на эту операцию, общие затраты энергии, средств и труда на технологические процессы заготовки измельченного сена ниже, чем аналогичные показатели технологии заготовки сена полевой сушки в рассыпном или прессованном видах.



**Заготовка сена и сенажа.** Для заготовки сена разработан и освоен в производстве новый комплекс уборочных машин к тракторам МТЗ. В него входят косилки двух типов: фронтальная к реверсивному трактору МТЗ-1221В и прицепная с поворотным дышлом к тракторам класса 1,4 (МТЗ-80/82); грабли-ворошилка ГВР-320/420 и пресс-подборщик рулонный с измельчением зеленой массы ПРИ-Ф-145. Фронтальная ротационная косилка имеет ширину захвата 4,2 м, производительность до 5,0 га/ч, снабжена бильными кондиционерами, ускоряющими процесс полевой сушки на 25–30 %. Применение косилки по сравнению с существующими прицепными и навесными косилками обеспечит снижение затрат на 10–15 % (топлива, живого труда). Прицепная ротационная косилка-плющилка имеет ширину захвата 3 м, производительность – до 3,5 га/ч. Специальная подвеска режущего аппарата обеспечивает надежное копирование рельефа поля в продольном и поперечном направлениях, что положительно сказывается на качестве среза и защищает режущий механизм от поломок. Для ускорения полевой сушки имеется бильно-дековый кондиционер. Применение прицепной косилки обеспечит по сравнению с существующими отечественными навесными косилками снижение затрат энергоресурсов на 12–17 %, металла – на 5–10 %, затрат живого труда – на 25–30 %. Отличительная особенность однороторных граблей-ворошилок состоит в том, что ширина захвата может изменяться за счет промежуточных вставок от 3,2 по 4,2 м, что позволяет подбирать оптимальный режим работы в зависимости от условий применения, упрощена система настройки на сгребание или ворошение трав. Принципиальными особенностями конструкции рулонного пресс-подборщика ПРИ-Ф-145 являются наличие механизмов измельчения кормов и обвязки рулонов сеткой, кроме того, уменьшен диаметр, увеличено число граблей и пальцев подборщика, что позволяет подбирать и прессовать мелкоизмельченную массу. Благодаря измельчению корма повышается почти на 50 % плотность его прессования. При такой плотности прессования (до 500 кг/м<sup>3</sup>) провяленных трав легко реализуется технология заготовки кормов (силоса и сенажа) в виде рулонов с последующей упаковкой их на хранение в полимерный рукав. Обвязка рулонов сеткой позволяет прессовать измельченные корма, кроме того, снижается расход вязального материала. Например, расход сетки на прессование 1 т сена – 790 г, сенажа – 410 г, а при использовании шпагата – 980 г. Поэтому стоимость шпагата и сетки при обвязке рулонов из сенажа одинаковая. Далее, время обвязки сеткой снижа-

ется с 36 с до 10–16 с, что повышает производительность процесса прессования кормов и позволяет получить диаметр рулона 1,45 м; массу 2280 кг. Применение комплекса машин обеспечит по сравнению с существующими средствами механизации сокращение затрат труда на 20–22 %, снижение расхода топлива на 15–20 %, сокращение потерь корма на 10–15 %, повышение его качества.

Наряду с интенсификацией уборочного процесса, существенным резервом, обеспечивающим значительное снижение удельных затрат ресурсов на единицу корма, является новая технология хранения кормов в герметичной упаковке, исключаяющей их вторичную ферментацию. Отличие предлагаемой технологии от применяемых состоит в том, что скошенные и провяленные до влажности 45–55 % травы подбирают, прессуют с помощью пресс-подборщика в рулоны, которые доставляют на площадки при фермах и упаковывают с помощью упаковщика в полимерный рукав. Второй разновидностью технологии хранения кормов в герметичной упаковке является способ заготовки кормов в рулонах с обмоткой их пленкой, отличающийся от описанного тем, что каждый рулон обматывается индивидуально на специальной машине, при этом обмотка осуществляется на месте хранения или в поле.

Приведенные затраты заготовки сенажа в рулонах с упаковкой в полимерный рукав составляют 20,841 у.е./т, а при индивидуальной обмотке рулонов пленкой – 21,255 у.е./т. В связи с незначительной разницей качества и удельных затрат на заготовку кормов можно рекомендовать для применения обе технологии.

**Заготовка силоса.** Серьезной проблемой является несовершенство используемых в республике способов хранения консервированных сочных кормов в траншейных и башенных хранилищах, особенно в заглубленных хранилищах траншейного типа. Практически повсеместное отсутствие качественного дренажа вызывает скапливание у дна траншеи клеточного сока, влаги атмосферных осадков и грунтовых вод, что приводит к массовой порче корма. По этой же причине затруднена очистка хранилищ в процессе их подготовки к закладке кормов. Весьма энерго- и трудоемки операции разравнивания и трамбовки растительной массы. Сокращение парка тяжелых тракторов тягового класса 5 вынуждает использовать для этих целей более легкие машины классов 2 и 3, которые в силу объективных причин (недостаточная масса, особенности ходовых систем и др.) неспособны обеспечить качественного уплотнения растительной массы при заданных технологией темпах заполнения

хранилищ (не более 3–4 дней). Отрицательно сказываются на качестве корма и многократные проезды по закладываемой массе транспортных агрегатов, которые загрязняют ее почвой и горюче-смазочными материалами. Много проблем с обеспечением герметичного укрытия поверхности массы после заполнения хранилища, использование в качестве уплотняющего покрытия слоя земли или торфа также не способствует улучшению характеристик корма. Более совершенным типом хранилищ являются сенажные и силосные башни. В них исключается загрязнение корма при его закладке, существенно меньше площадь открытой поверхности при заполнении хранилища, обеспечивается самоуплотнение массы и более качественная герметизация после окончания загрузки. Не менее важно, что процессы заполнения и разгрузки хранилища полностью механизированы. К недостаткам следует отнести жесткие требования к влажности исходного сырья, нарушение которых приводит не только к порче корма и потере питательной ценности, но и к разрушению башни из-за бокового распора. При этом избыточная влага скапливается на уровне 2–4 м от основания башни и далее не фильтруется. Находящаяся выше зоны насыщения измельченная масса выполняет роль своеобразного поршня, давящего на заполняющую зону насыщения влагу. В большинстве случаев под действием усилия распора происходит упругая деформация стяжек бетонно-блочных башен и в раскрывшиеся стыки блоков вытекает избыточная влага. Однако после этого герметичного закрытия стыков блоков не происходит, и потери корма из-за интенсивных аэробных процессов резко возрастают. При значительных количествах влаги в исходном сырье и недостаточной фильтрации через раскрывающиеся стыки башни величина бокового распора нарастает и приводит к разрыву стяжных бандажей и разрушению башни. С экономической точки зрения недостатки башенных хранилищ заключаются в значительных капитальных вложениях, необходимых для их постройки, соответствующих суммах амортизационных отчислений, отрицательно влияющих на приведенные затраты и себестоимость кормов. По сравнению с траншейными хранилищами башенные имеют приведенные затраты в 1,3–1,5 раза больше. Наиболее перспективным, с точки зрения минимизации приведенных затрат и получения максимального выхода питательных веществ, является способ заготовки, при котором исходное сырье подвергается механическому уплотнению в мобильных или стационарных устройствах и упаковке в воздухо- и светонепроницае-

мые полимерные материалы. Учитывая значительный практический интерес, который представляет совершенствование технологии заготовки консервированных сочных кормов, проведены исследования по оценке эффективности новых методов и разработаны технология и комплекс машин для заготовки сенажа и силоса из измельченной массы с упаковкой в полимерный рукав большого диаметра.

Полученные в ходе испытаний и производственной проверки эксплуатационно-технологические характеристики позволили провести сравнительную экономическую оценку технологий заготовки консервированных сочных кормов. Рассматривали технологии с закладкой на хранение в заглубленную облицованную траншею емкостью 500 т (типовой проект №811-29), бетонно-блочную башню БС-9,15 и полимерный рукав длиной 75 м и диаметром 2,7 м. Для расчета был выбран процесс заготовки сенажа из многолетних трав со средней урожайностью 150 ц зеленой массы с гектара и плечом подвоза 5 км. Весь комплекс работ выполнялся рекомендованным стандартным набором серийных машин, за исключением пресс-упаковщика УСМ-1. Величины нормативной годовой загрузки, удельного расхода топлива, сменной производительности и других необходимых характеристик взяты в соответствии с действующими нормативными документами. В расчетах учитывалась балансовая стоимость хранилищ, стоимость упаковочного рукава учтена в прямых эксплуатационных затратах. Затраты без учета себестоимости зеленой массы и величины потерь кормов при хранении приведены в таблице 2.3, из которой видно, что наиболее предпочтительно заготавливать сенаж в полимерном рукаве большого диаметра.

Таблица 2.3

Сравнение затрат на заготовку сенажа по различным технологиям

Технология закладки сенажа	Показатели			Рей- тинг (место)
	затраты труда чел.-ч/т	затраты топлива, кг/т	приведенные затраты, у.е./т	
В траншее	1,024	7,9	20,760	2
В башне	0,979	5,7	31,760	5
В полимерном рукаве	0,817	5,5	16,450	1
В рулоне:				
в полимерном рукаве	1,045	5,3	20,841	3
в обмотке пленкой	1,109	6,7	21,255	4

Технологии с хранением кормов в полимерной упаковке предпочтительны, прежде всего, благодаря наименьшему расходу топлива.

**Концентрированные корма.** В животноводстве стоимость кормов составляет 65–75 % всех затрат, поэтому рациональное их использование очень важно для снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности продукции. Концентрированные корма являются одной из основных составляющих рационов животных и птицы, поскольку позволяют сбалансировать их по питательности, минеральным составляющим, микроэлементам и витаминам. В Республике Беларусь ежегодно расходуется около 4–4,5 млн т фуражного зерна, из которого только 50 % перерабатывается в полноценные комбикорма и кормосмеси, а остальная часть скармливается в измельченном виде, что снижает эффективность его использования и ведет к неоправданному перерасходу кормов и зерна.

В нашей республике в 1987–1990 гг. была реализована программа оснащения хозяйств малогабаритными комбикормовыми установками типа КН-5 и КН-5-1 в количестве более 800 единиц, что позволило повысить эффективность животноводства в хозяйствах. На настоящий период около 200 единиц подобного оборудования продолжает использоваться, остальные уже не работают по причине физического износа. Производительность мобильных агрегатов предлагается ограничить производительностью 2,0 т/ч. Предложены принципы приготовления рассыпных и гранулированных комбикормов с набором технических средств механизации, которые позволяют реализовать различные технологические схемы, обеспечивающие производительность 0,5 т/ч; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0 т/ч. Основные из этих схем реализованы в колхозе «Вишневка», агрокомбинате «Снов» Минской области, совхозе-комбинате «Западный» Брестской области, племзаводе «Ведрич» Гомельской области и в других хозяйствах (рис. 2.14–2.16). Практически все новые образцы обеспечивают существенную экономию удельных затрат труда, металла и электрической энергии по сравнению с базовыми. Годовая экономия производственных ресурсов в финансовом выражении при использовании этого оборудования колеблется в пределах от 0,22 до 2,09 млн у.е. в зависимости от удельных затрат, а также от годового объема производства продукции.

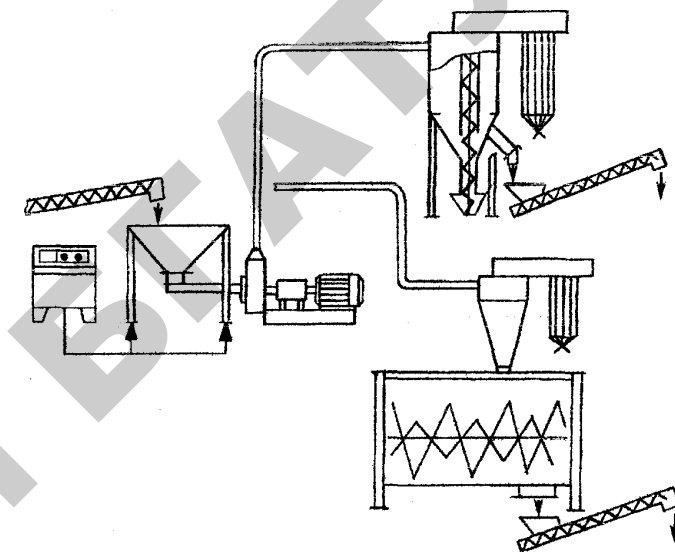


Рис. 2.14. Размольно-смесительный блок РСБ-1,5

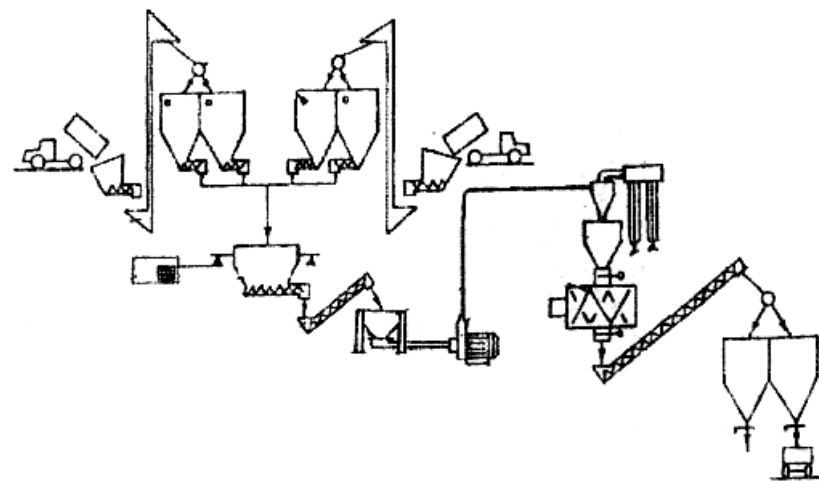


Рис. 2.15. Установка для производства комбикормов УК-2

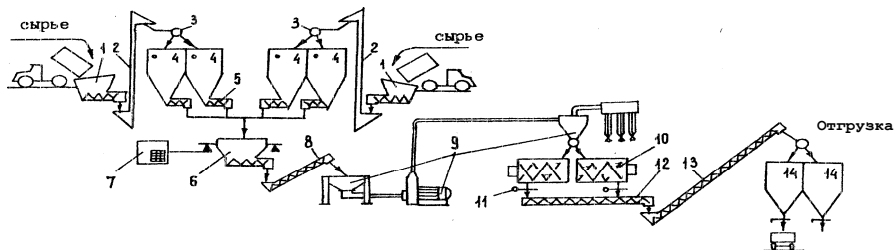


Рис. 2.16. Установка для производства комбикормов производительностью 3 т/ч:  
 1 – питатель; 2 – нория; 3 – делитель потока; 4 – бункеры-накопители сырья;  
 5 – шнеки-дозаторы; 6 – дозатор; 7 – весовой механизм;  
 8 – питатель дробилки; 9 – дробилка; 10 – смеситель; 11 – заслонки;  
 12 – шнек выгрузной; 13 – шнек подачи комбикорма;  
 14 – бункер готовой продукции

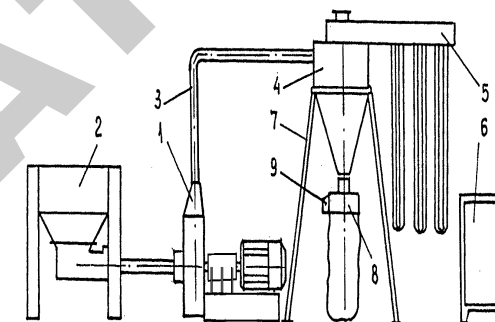


Рис. 2.17. Дробилка кормов ДКР-2:

1 – дробилка; 2 – бункер с уловителем инородных предметов; 3 – пневмопровод;  
 4 – циклон; 5 – пылесборник; 6 – электрошкаф; 7 – подставка; 8 – переходник;  
 9 – держатель

В дробилке ДКР-2 (рис. 2.17) предложена подача зернофуража не самотеком, а за счет засасывания его потоком воздуха, возникающим при вращении ротора. Это обеспечивает саморегулирование загрузки измельчающего аппарата и оптимизацию процесса измельчения зерна. Эта дробилка является основным узлом комплектов производительностью 1,0–2,0 т/ч.

Наименьший удельный расход энергии 6,4 кВт·ч/т измельченной массы имеет дробилка ДЗВ-5 (рис. 2.18). Она отличается тем, что вал ротора установлен вертикально. За счет этого окружная скорость ротора увеличена до 125 м/с. При установленной мощности 55 кВт дробилка обеспечивает производительность до 6 т/ч. Главным преимуществом этой дробилки является увеличение площади просеивающего решета примерно в 2 раза и сокращение холостого прогона материала.

Для оснащения хозяйств республики малогабаритными автоматизированными комбикормовыми агрегатами необходимо поставить 1000 единиц оборудования производительностью 1,0–1,5 т/ч и 500 шт с производительностью 2,0 т/ч. Реализация этих предложений позволит получить следующие результаты: сэкономить на фермах республики 850 тыс. т фуражного зерна; ежегодно экономить на перевозках 25–30 тыс. т топлива; экономию электроэнергии – 25 млн кВт·ч; экономию металла – 450 т.

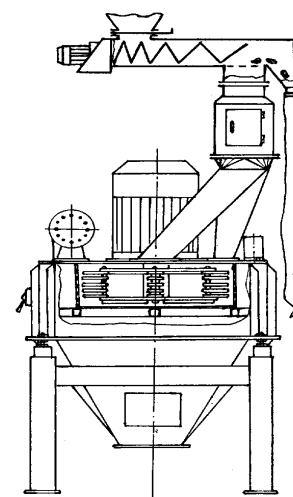


Рис. 2.18. Дробилка зерна вертикальная ДЗВ-5



### 2.1.3. Энергетическая оценка механизированных технологий

*Понятие энергоёмкости производства продукции. Показатель энергетической эффективности. Энергетические эквиваленты. Расчет энергоёмкости затрат по технологиям производства продукции. Источники энергии в отрасли. Энергетическое хозяйство предприятий.*

В связи с большим дефицитом ТЭР, нехваткой техники, средств химизации и других ресурсов возникает необходимость энергетического анализа операционных технологий не только в разрезе отдельных операций, но и по каждому виду потребляемых ресурсов. Сравнительная оценка новых технологий на стадии их разработки позволяет выявить наиболее энергоёмкие операции в технологическом процессе и долю их в общих энергетических затратах. Энергетическую оценку сравниваемых вариантов анализируемой технологии (базового и нового) проводят по каждой операции возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, определяя, в первую очередь, затраты материально-энергетических ресурсов в физических единицах (топлива, электрической и тепловой энергии, металла, удобрений и т. д.) для оценки возможности внедрения новой технологии с учетом наличия этих ресурсов. Важно сравнить новую и базовую технологии по видам ресурсных затрат (топливо, металл, рабочая сила, производственные помещения и др.) с помощью коэффициента ресурсных затрат ( $K_{\text{рз}}$ ), при этом такая оценка может быть осуществлена не только по общим затратам на получение конечной продукции, но и по отдельным одноименным операциям новой и базовой технологий.

Прежде всего, следует определить коэффициент энергетической эффективности затрат живого труда по формуле 2.5:

$$K_{\text{эж}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{жн}}}{\mathcal{E}_{\text{жб}}}, \quad (2.5)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{жн}}$  и  $\mathcal{E}_{\text{жб}}$  – удельные затраты энергии живого труда соответственно по новой и базовой технологиям.

Аналогичная сравнительная оценка может быть проведена по каждому виду применяемых ресурсов, особенно по дефицитным (топливо, тепловая и электрическая энергии).

Расчет овеществленных материально-энергетических затрат по машинам, оборудованию, удобрениям, пестицидам, строительству и эксплуатации зданий и сооружений следует проводить по нижеприведенным формулам:

затраты металла, заключенного в средствах механизации, для тракторов, рабочих машин, применяемых в технологическом процессе:

$$q_{\text{mj}} = \frac{1}{W_j} \sum_l M_l \frac{\alpha_l + R_l}{10^2 T_{\text{Hl}}}; \quad (2.6)$$

затраты металла для автомобильного транспорта:

$$q_{\text{mj}} = \frac{h_j H_{\text{pj}}}{Q_j \beta_j} \sum_l M_l \frac{\alpha'_l + R'_l}{10^2}, \quad (2.7)$$

где  $W_j$  – производительность  $j$ -го агрегата (га/ч), оборудования (т/ч);

$M_l$  – масса  $l$ -й машины, входящей в агрегат;

$\alpha_l, R_l$  – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт, %;

$T_{\text{Hl}}$  – годовая нормативная загрузка, ч;

$h_j$  – плечо перевозки груза, км;

$H_{\text{pj}}$  – фактический расход или норма расхода перевозимого груза (семян, удобрений и др.), т/га;

$Q_j$  – масса груза, перевозимого за один рейс, т;

$\beta_j$  – коэффициент использования пробега;

$\alpha_l, R'_l$  – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт  $l$ -машины, входящей в состав автопоезда (автомобиля, прицепа), на 1000 км пробега, %.

При расчетах по перевозке и переработке продукции в формулы вместо  $H_{\text{pj}}$  подставляют значения урожайности (ц, т/га).

Расход удобрений, семян, пестицидов и других ресурсов по  $i$ -м видам рассчитывают по формуле:

$$q_{\text{pij}} = H_{\text{pij}}, \quad (2.8)$$

где  $T_{pij}$  – срок действия (например, для минеральных удобрений, гербицидов, семян – 1 год, извести – 4 года, органических удобрений – 3 года).

Потребность в зданиях и сооружениях для производственных процессов находят по формуле:

$$q_{зj} = \sum_n \frac{F_{nj} (a_n + R_n)}{10^2 Q_{nj}}, \quad (2.9)$$

где  $F_{nj}$  – площадь здания  $n$ -го типа, м<sup>2</sup>;

$a_n, R_n$  – годовые амортизационные отчисления, %;

$Q_{nj}$  – объем продукции, перерабатываемой за год, т.

Потребность в зданиях и сооружениях для хранения продукции:

$$q_{зj} = \sum_n \frac{F_{nj} a_n}{10^2 Q_{nj}}, \quad (2.10)$$

где  $Q_{nj}$  – вместимость хранилища, т.

Для расчета затрат живого труда используется формула:

$$q_{жj} = \sum_t \frac{N_{tj}}{W_j}, \quad (2.11)$$

где  $N_{tj}$  – число работников, занятых на  $t$ -категории работ.

Значения затрат для каждого технологического процесса базовой технологии используют в качестве базы сравнения при детальной дифференцированной оценке возможностей наиболее эффективного использования ресурсов в разрабатываемой новой технологии.

Удельные затраты ресурсов по базовой или новой технологиям рассчитываются суммированием удельных затрат по технологическим операциям:

$$q_i = \sum_j q_{ij}, \text{ т. е. } q_k = \sum_j q_{kj}, q_m = \sum_j q_{mj}, q_p = \sum_j q_{pj}, q_s = \sum_j q_{sj}, q_{жс} = \sum_j q_{жсj}. \quad (2.12)$$

Полную энергоемкость продукции растениеводства для рассматриваемой технологии определяем по формуле, которая для

практических расчетов может быть представлена в следующем виде:

$$\Theta_{\Sigma} = \frac{1}{u} \left( \sum_j \Theta_{\text{пр}j} + \sum_j \Theta_{\text{о}j} \right), \quad (2.13)$$

где  $u$  – урожайность  $j$ -й культуры, т/га, ц/га;

$\Theta_{\text{пр}j}$  – прямые удельные затраты энергии на выполнение  $j$ -го технологического процесса, МДж/га;

$\Theta_{\text{о}j}$  – удельные затраты энергии, овеществленные при производстве энергоносителей и других ресурсов, МДж/га.

Прямые удельные затраты энергии рассчитываем по формуле:

$$\Theta_{\text{пр}j} = \sum_k q_{kj} \cdot e_k, \quad (2.14)$$

где  $e_k$  – энергосодержание  $k$ -го энергоносителя (электроэнергии – МДж/кВт·ч, автотракторного и котельно-печного топлива – МДж/кг, тепловой энергии – МДж/Мкал) (приложение 4).

Удельные затраты энергии, овеществленные в энергоносителях (энергоемкость энергоносителей), находим по формуле:

$$\Theta_{\text{о}j} = \sum_k q_{kj} \cdot a_k, \quad (2.15)$$

где  $a_k$  – энергетический эквивалент  $k$ -го энергоносителя, учитывающий расход энергии на его добычу, производство и транспортировку (электроэнергия – МДж/кВт·ч, автотракторного и котельно-печного топлива – МДж/кг, тепловой энергии – МДж/Мкал) (приложение 4).

Удельные затраты энергии, овеществленные в затратах труда, средствах механизации, удобрениях, пестицидах, семенах, материалах и т. д. определяем путем подстановки значений соответствующих энергетических эквивалентов в формулы, аналогичные формулам (2.14) и (2.15).

Полная энергоемкость  $j$ -го процесса (без учета энергозатрат трудовых ресурсов, которые анализируются отдельно):

$$\mathcal{E}_j = \sum_j \mathcal{E}_{ij} = \mathcal{E}_{прj} + \mathcal{E}_{аж} + \mathcal{E}_{mj} + \mathcal{E}_{рj} + \mathcal{E}_{зj} . \quad (2.16)$$

Сравнительную оценку новой и базовой технологии проводим по обобщенному коэффициенту энергетической эффективности:

$$K_{рз} = Y_{рзб} / Y_{рзн} < 1 , \quad (2.17)$$

где  $Y_{рзн}$ ,  $Y_{рзб}$  – суммарные удельные затраты всех видов ресурсов соответственно по новому и базовому вариантам технологии.

Определяем удельную экономию ресурсов на единицу продукции:

$$\Delta Y = Y_{рзб} - Y_{рзн} . \quad (2.18)$$

Рассчитываем достигаемый уровень интенсификации новой разработки:

$$I_3 = \frac{Y_{рзб} - Y_{рзн}}{Y_{рзн}} \cdot 100 = \left( \frac{1}{K_{рз}} - 1 \right) \cdot 100 . \quad (2.19)$$

Уровень интенсификации характеризует снижение ресурсных затрат в сравнении с базовым вариантом. Следует стремиться, чтобы уровень интенсификации новой разработки был не ниже 10–15 %.

Определяем суммарный эффект  $\mathcal{E}_н$  в масштабах отрасли или республики в расчете на возможный объем внедрения:

$$\mathcal{E}_н = \Delta Y \cdot B , \quad (2.20)$$

где  $B$  – возможный объем внедрения (га, т, шт).

При этом вычисляем показатели экономии основных производственных ресурсов каждого вида:

$$\mathcal{E}_i = \Delta q_i \cdot B , \quad (2.21)$$

где  $\Delta q_i$  – экономия удельных затрат  $i$ -х ресурсов на единицу продукции в физических единицах (кг/т, кВт·ч/т и др.).

Рассчитываем относительную величину экономической значимости новой разработки в масштабах отрасли:

$$\Delta \mathcal{E}_н = \frac{\mathcal{E}_н}{M} \cdot 100 , \quad (2.22)$$

где  $M$  – общий объем продукции по отрасли или республике (чел.-ч, руб., МДж).

#### Особенности энергетического анализа в сельском хозяйстве.

Главным вопросом на стадии планирования НИОКР является выбор базового варианта для сравнительной оценки эффективности разрабатываемой научно-технической продукции. Базовый вариант является точкой отсчета для оценки эффективности новых технологий, технических средств, сортов растений и пород животных, материалов и других научных разработок. Это уже внедренная научная разработка, которая должна быть заменена новейшей, более эффективной при условиях улучшения или сохранения качества продукции и экологических показателей. За базовый вариант принимается отечественный или зарубежный аналог, как правило, имеющий самый высокий технико-экономический уровень и пригодный к практическому применению в природно-климатических и социально-экономических условиях республики.

Рассмотрим составление карты ресурсной оценки на примере возделывания ячменя с урожайностью 40 ц/га, где показатели базового варианта взяты по данным отчетов экспериментальных баз за 2000 год (таблица 2.4).

Наибольшие затраты ресурсов приходятся на все виды минеральных удобрений, пестицидов, топлива и металла. Для обоснования возможного снижения этих показателей должен быть проведен глубокий анализ и установлена величина этих снижений по каждому из приведенных видов ресурсов. По материалам исследований известно, что при мелкой предпосевной обработке почвы затраты топлива в расчете на 1 ц зерна снижаются на 30–60 %, затраты труда – на 45–66 %, металла – на 73–77 %. Применение комбинированных машин повышает производительность на 25–30 % и сокращает затраты топлива на 1 га на 35%, затраты металла – на 56 %, использование шахтных сушилок на послеуборочной обработке зерна сокращает расход топлива на 1 ц высушенного зерна до 0,6 кг.

Таблица 2.4

Карта ресурсной оценки базовой и новой технологии возделывания ячменя

Требуемые ресурсы	Ед. изм.	Частные показатели ресурсозатрат							
		по базовой технологии				по новой технологии			
		Потребность затрат, физ./ед.	Стоимость затрат, тыс.руб/ц	Доля затрат в % от общей стоимости	Удельные энергозатраты, МДж/ц	Потребность затрат, физ./ед.	Стоимость затрат, тыс.руб/ц	Доля затрат в % от общей стоимости	Удельные энергозатраты, МДж/ц
Затраты труда	чел.-ч/ц	0,57	11,3	4,5	0,72	0,50	9,9	5,4	0,63
Семена	кг/ц	5,00	22,0	9,0	176,0	5,00	17,6	9,7	176,0
Топливо	кг/ц	5,98	65,8	26,9	255,3	5,22	57,4	31,5	222,9
Электроэнергия	кВт.ч/ц	0,11	0,008	0,003	0,4	0,11	0,008	0,003	0,4
Удобрения орг.	кг/ц	370	3,7	1,5	148,0	220	2,7	1,2	88,0
Удобрения мин.	кг д.в./ц								
– азотные		2,2	21,1	8,6	176,0	1,8	16,9	9,3	144,0
– фосфорные		2,0	38,2	15,6	27,6	1,7	32,5	17,9	23,5
– калийные		3,0	7,4	3,0	26,4	2,5	6,2	3,4	22,0
Пестициды	кг/ц	0,037	27,2	11,0	9,8	0,037	7,4	4,0	9,8
Металл	кг/ц	0,9	45,0	18,4	72,6	0,6	30,0	16,5	48,4
Потеря урожая	кг/ц	1,2	3,3	1,3	10,6	1,2	1,9	1,1	10,6
Затраты на экологическую чистоту	руб./ц	–	–	–	–	–	–	–	–
Итого:			245	100	903,4		182	100	746,2

На практике для многих разработок снижение ресурсных затрат может проявляться по одному-двум элементам. Предпочтительным является снижение прямых энергетических затрат или отдельных видов дефицитных ресурсов.

Удельные затраты энергии определяем умножением затрат физических единиц на энергетический эквивалент. По итоговым показателям затрат ресурсов для базовой и новой технологий возделывания ячменя определяем интегральный коэффициент ресурсных затрат:

$$K_{pz} = \frac{182}{245} = 0,74,$$

т. е. новая технология позволяет сократить удельные затраты ресурсов на единицу продукции на 26 %.

Сопоставим этот показатель с оценкой ресурсных затрат в энергетических показателях:

$$K_e = \frac{746,2}{903,4} = 0,83.$$

Разность в показаниях составляет 9 %. Интегральный показатель энергетических затрат является наиболее достоверным, так как снижение энергозатрат по новой технологии произошло, главным образом, за счет машин (металла), нынешняя стоимость которых непропорциональна энергозатратам на их производство. Для приближенных расчетов он может быть округлен до 0,8. При расчете остальных показателей эффективности рекомендуется снизить их уровень на 5–8 % в целях уменьшения неполучения заявленных результатов. В рассматриваемом примере удельные затраты ресурсов могут быть снижены не на 26 %, а на 20 %. Такой уровень снижает риск недостоверности, поэтому расчеты всех показателей эффективности разработки должны проводиться по  $K_{pz} = 0,8$ . В этом случае:

$$Y_{pzn} = 245 \cdot 0,8 = 196 \text{ тыс. руб./ц},$$

а экономия удельных ресурсов на единицу продукции в денежном выражении:

$$\Delta Y = 245 - 196 = 49 \text{ тыс. руб./ц}.$$

При этом будет сэкономлено:

$$- \text{трудозатрат } \Theta_{tr} = (0,57 - 0,50 \cdot \frac{0,80}{0,74}) \cdot 44 \cdot 10^6 = 1,3 \text{ млн чел.-ч};$$

$$- \text{топлива } \Theta_r = (5,98 - 5,22 \cdot \frac{0,80}{0,74}) \cdot 44 \cdot 10^6 = 13,5 \text{ тыс. т};$$

– органических удобрений  $\mathcal{E}_{\text{ор}} = (370 - 220 \cdot \frac{0,80}{0,74}) \cdot 44 \cdot 10^6 =$   
 $= 5,8$  млн т;

– минеральных удобрений  $\mathcal{E}_{\text{мин}} = (7,2 - 6,0 \cdot \frac{0,80}{0,74}) \cdot 44 \cdot 10^6 =$   
 $= 31,4$  тыс. т д.в.;

– металла  $\mathcal{E}_{\text{м}} = (0,9 - 0,6 \cdot \frac{0,80}{0,74}) \cdot 44 \cdot 10^6 = 11,1$  тыс. т.

Уровень интенсификации

$$I_{\text{н}} = \left( \frac{1}{0,8} - 1 \right) \cdot 100 = 25 \%$$

На полный объем внедрения с учетом посевных площадей ячменя, равных по республике 1,1 млн га, экономия ресурсов составит:

$$\mathcal{E}_{\text{н}} = 49000 \cdot 1100000 \cdot 40 = 2,156 \text{ трлн руб.}$$

При средней цене на зерно 69 дол. США за тонну или  $(69 \cdot 2 \cdot 10^6)$  руб./т, относительная величина эффекта:

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{2,156 \cdot 10^{12}}{4,4 \cdot 10^6 \cdot 69 \cdot 0,2 \cdot 10^6} \cdot 100 = 3,32 \%$$

где  $4,4 \cdot 10^6$  – расчетный объем собранного зерна, т;  
 $69 \cdot 0,2 \cdot 10^6$  – стоимость зерна.

Полученные показатели эффективности являются достаточно высокими, поэтому предлагаемая технология, несомненно, может быть принята к разработке.

#### 2.1.4. Основы энергетического менеджмента и аудита

*Цель, задачи и организация энергоменеджмента и энергоаудита на предприятии. Обследование объектов для проведения энергосберегающих мероприятий. Энергетический баланс предприятия. Составления плана мероприятий по энергосбережению предприятия.*

**Сущность и задачи энергетического менеджмента.** Энергетический менеджмент — часть общей системы управления производством, включающая деятельность по научно обоснованному управлению энергетическими ресурсами предприятия с целью повышения эффективности их использования.

Энергетический менеджмент должен осуществляться как при эксплуатации промышленных предприятий, так и на стадиях их проектирования и строительства.

В задачи энергоменеджмента на действующем предприятии входит комплексный анализ энергопотребления и, на его основе, обоснование и проведение энергосберегающих мероприятий. Осуществляемый на предприятии энергетический менеджмент должен представлять собой системную деятельность, взаимосвязанными направлениями которой являются: мониторинг движения ТЭР; нормирование расхода ТЭР; планирование потребления ТЭР; планирование мероприятий по повышению эффективности использования ТЭР; экономический анализ энергоиспользования; организация материального и морального стимулирования рационального использования ТЭР.

Основной задачей энергетического менеджмента, осуществляемого на стадии проектирования, является ориентация проекта на энергоэффективные технологии, использование доступных по стоимости и поставкам энергетических ресурсов, сбалансированность межтехнологических энергетических циклов.

Энергетический менеджмент на стадии строительства имеет целью соблюдение проектных решений и норм, обеспечивающих выход на номинальный режим работы.

**Общие сведения об энергетическом аудите.** Мировой опыт свидетельствует, что осуществление экономически обоснованной энергосберегающей политики предприятий в использовании ТЭР является одним из важнейших заданий предприятий в рыночных условиях. Это стало причиной распространения в странах с развитой рыночной экономикой практики проведения энергетического аудита предприятий для экономически обоснованного использования энергосберегающих мероприятий и повышения эффективности использования энергоресурсов. В ряде стран энергетические аудиты служат основанием для принятия решения банков о целесообразности предоставления кредитов предприятиям.

Энергетический аудит — вид деятельности, направленный на выявление возможного потенциала снижения затрат за потребленные энергоресурсы субъектами хозяйственной деятельности и разработку технически и экономически обоснованных предложений, рекомендуемых для внедрения с учетом приоритетности их осуществления.

Энергетический аудит является фундаментальной частью программы энергетического менеджмента любой организации, которая желает контролировать свои расходы на энергию. Построение полной и детализированной программы энергетического аудита является сложной и трудоемкой, но необходимой процедурой для идентификации основных видов производственных процессов, использующих энергию. В то же время энергоаудит является первым шагом в организации энергетического менеджмента на предприятии.

Энергетический аудит предусматривает составление балансов, отражающих поступление, прохождение, полезное использование и выход энергии.

Энергетический аудит подразделяется:

а) по содержанию выполняемой работы – на простой и сложный.

Простой энергоаудит предполагает определение наиболее значимых мероприятий по повышению энергоэффективности, внедрение которых позволит в короткое время получить значительный экономический эффект.

Сложный энергоаудит включает определение не только внутренних резервов экономии ТЭР, но и оценку влияния на использование энергии различных внешних факторов;

б) по объему выполняемого анализа – на предварительный и подробный.

Предварительный аудит заключается в анализе потребления энергии отдельным участком производства в целом за установленный промежуток времени для определения удельного энергопотребления.

Подробный энергоаудит заключается в сборе и анализе полной информации о потреблении энергии на каждом производственном участке за ряд временных периодов с расчетом энергетических балансов и энергоэффективности;

в) по систематичности проведения – на разовый, периодический и перманентный.

Разовый аудит заключается в проверке расходования ТЭР в целом или отдельных их видов в нестандартных ситуациях (обнаружившееся значительное отклонение удельного расхода энергии от нормативного и пр.).

Периодический аудит – это плановый энергоаудит, который проводится не реже одного раза в пять лет.

Перманентный (текущий) аудит – энергоаудит, продолжающийся непрерывно с целью недопущения отклонения фактических параметров энергопотребления от нормативных.

Энергетический аудит, как самостоятельное направление в сфере повышения эффективности, имеет свою нормативно-правовую базу, свои правила, методику проведения.

**Нормативно-правовые основания энергетических обследований.** Энергетические обследования проводятся специализированными организациями, которые имеют лицензию Госкомитета по энергоэффективности. Энергоаудит проводится на основании договора между выполняющей его организацией и субъектом хозяйствования, на котором он осуществляется. Стоимость работ по энергетическому аудиту оплачивается за счет средств обследуемых.

Энергоаудит сложное и дорогостоящее мероприятие, его необходимость и полезность не всегда очевидна для руководителей предприятий. Поэтому проводить его рекомендуется поэтапно с нахождением консенсуса с руководством предприятия на каждом этапе. Это накладывает определенные требования на алгоритм проведения энергоаудита. Каждый предыдущий этап должен заканчиваться обсуждением результатов с представителями Заказчика, нахождением взаимопонимания. Только после этого осуществляется переход к следующему этапу.

Важным аспектом проведения энергоаудита является конфиденциальность не только представленных результатов, но и всей документации, с которой работает энергоаудитор, поскольку она может представлять коммерческую тайну. Особые требования предъявляются к квалификации энергоаудитора и фирме, выполняющей энергоаудит.

**Требования к квалификации энергоаудиторов.** Энергоаудитор должен иметь высшее инженерное образование по энергетической специальности, хорошую теоретическую подготовку, практический опыт в области энергетики и энергосбережения на промышленных

и социальных объектах не менее пяти лет. Важно иметь широкий профиль подготовки, а не быть специалистом только в отдельной области энергетики.

Энергоаудитор должен обладать: эрудицией; психологической подготовкой; умением контактировать с людьми и выполнять экономический анализ; знанием основ маркетинга, передовых энергосберегающих технологий и оборудования, нормативно-правовой базы в области энергетики и энергосбережения; умением и способностью к аналитическому мышлению.

**Порядок проведения энергетического аудита.** Проведение энергетического аудита необходимо любому субъекту хозяйствования, который хотел бы контролировать свои энергозатраты.

В соответствии с «Положением о проведении энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций», утвержденным Госкомитетом по энергоэффективности при СМ РБ в 1999 г., обязательному энергетическому аудиту в стране подлежат субъекты хозяйствования с годовым суммарным потреблением ТЭР более 1,5 тыс. т у.т. Периодичность энергообследований при этом не должна превышать 5 лет.

По результатам аудита составляется технический отчет, в котором содержатся: общая характеристика предприятия; информация об использовании предприятием энергии и ее носителей; мероприятия, целесообразные для рационализации использования энергоресурсов.

Для оценки эффективности энергоиспользования при проведении аудита на предприятии изучаются: состояние технического учета энергии; состояние нормирования ТЭР; состояние энергопотребляющего оборудования; состояние использования предприятием ВЭР; участие предприятия в регулировании графиков нагрузки на энергосистемы; планируемые организационно-технические мероприятия по экономии топлива и энергии; основные энергоэкономические показатели предприятия; возможные источники нерационального расходования энергии и топлива.

**Энергетический баланс предприятия.** Энергетический баланс является важным инструментом энергетического менеджмента. Он составляется для наиболее полной характеристики энергохозяйства предприятия и определения резервов экономии энергии.

Энергобаланс — это соотношение между поступлением на предприятие ТЭР и их использованием в определенный период времени. Оптимальным будет являться такой энергобаланс, в котором разница между поступлением на предприятие энергии и суммой величин ее полезного использования и технически обоснованных потерь будет минимальной.

Выделяются следующие виды энергетических балансов.

1. В зависимости от охвата энергоносителей:

- а) частные – составляющиеся для отдельных видов топлива или энергии;
- б) сводные – отражающие суммарное потребление энергоносителей в тоннах условного топлива.

2. В соответствии с объектами изучения:

- а) балансы отдельных видов технологического оборудования, цехов или производственных участков;
- б) балансы предприятия в целом.

3. По назначению:

- а) отчетные – фактические балансы, отражающие реальные показатели производства и потребления энергии в анализируемый период;

- б) плановые (перспективные) – балансы, являющиеся формой прогнозирования энергопотребления на предстоящий период деятельности с учетом намечаемого развития производства и его качественных изменений в ближайший период (до 5 лет) или в течение более длительного срока;

- в) нормализованные – теоретические энергобалансы, отражающие потенциальные возможности рационализации и оптимизации энергопотребления и снижения потерь энергии на основе достижений науки и техники.

Нормализованные балансы подразделяются на: технически обоснованные нормализованные – составляющиеся с учетом минимальных технически обоснованных потерь энергии, более полной характеристики энергохозяйства предприятия и определения резервов экономии энергии; экономически обоснованные нормализованные – составляются с учетом экономической оправданности снижения энергопотерь в складывающихся экономических условиях хозяйствования.

Путем сравнения фактических и теоретических энергобалансов определяются технически возможные и экономически обоснованные резервы экономии энергии. Разница между технически и экономически обоснованными нормализованными балансами определяется как перспективный резерв энергосбережения.

### Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию энергетических балансов по виду и целевому назначению.
2. Какие методы используются для составления энергетических балансов промышленных предприятий?
3. С использованием каких соотношений проводится расчетный анализ энергетических балансов?

## 2.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСРС, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 2.2.1. Вопросы для управляемой самостоятельной работы

1. Нормирование расхода ТЭР как инструмент повышения энергоэффективности.
2. Энергоэкономические показатели деятельности предприятия и их значение для практики хозяйственного анализа.
3. Энергетический аудит и энергобаланс предприятия как инструменты энергетического менеджмента.
4. Энергетическая политика белорусского государства.
5. Программы организационно-технических мероприятий по энергосбережению.
6. Организация учета потребления энергии и расхода ТЭР на производственных предприятиях.
7. Учет и регулирование потребления энергии в бытовой сфере.
8. Влияние современных процессов производства и потребления энергии на состояние климата.

## 2.2.2. Материалы к практическим и лабораторным занятиям

### 2.2.2.1. Практическая работа

#### «Расчет норм потребления ЭР при производстве, переработке и хранении сельскохозяйственной продукции»

Цель работы – освоить методы определения потребления ТЭР, определить нормы расхода ТЭР на предприятии.

#### План работы

1. Повторение основных теоретических положений.
  2. Решение задач под руководством преподавателя.
  3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.
- Для подготовки к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал модуля и ответить на контрольные вопросы.

#### Пример практического применения теоретического материала

Рассчитать нормы расхода ТЭР на предприятиях, занимающихся выпуском однотипной продукции.

Предприятие № 1					Предприятие № 2				
Затраты ТЭР, МДж				Объем производства	Затраты ТЭР, МДж				Объем производства
На основной технологический процесс	На разогрев и пуск оборудования	На плановые потери	На вспомогательные нужды		На основной технологический процесс	На разогрев и пуск оборудования	На плановые потери	На вспомогательные нужды	
$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	10000	$4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	6000



Сделать выводы относительно энергоэффективности организации производства на предприятии.

#### **Решение.**

1. Определяем индивидуальную норму расхода ТЭР для двух предприятий:

$$H_{и1} = (5 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^2 + 0,4 \cdot 10^2) / 10000 = 530 \text{ МДж};$$

$$H_{и2} = (4 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^2 + 0,3 \cdot 10^2) / 6000 = 11,7 \text{ МДж}.$$

2. Определяем групповую норму расхода ТЭР:

$$H_{гр} = 530 \cdot 2/3 + 11,7 \cdot 1/3 = 357,3 \text{ МДж}.$$

3. Определяем технологические нормы расхода ТЭР:

$$H_{т1} = (5 \cdot 10^6) / 10000 = 500 \text{ МДж};$$

$$H_{т2} = (4 \cdot 10^4) / 6000 = 6,7 \text{ МДж}.$$

4. Определяем общепроизводственные нормы расхода ТЭР:

$$H_{о1} = 500 + (0,4 \cdot 10^2 / 10000) = 500,1 \text{ МДж};$$

$$H_{о2} = 6,7 + (0,3 \cdot 10^2 / 6000) = 6,8 \text{ МДж}.$$

Анализируя рассчитанные нормы расхода ТЭР, можно сделать вывод о том, что предприятие № 2 с объемом производства 6000 расходует ТЭР более экономно и целесообразно.

Индивидуальные задания к выполнению практической работы выбираются по номеру в журнале из приложения 5.

#### **2.2.2.2. Практическая работа**

##### **«Составление и анализ энергетического баланса предприятия»**

Цель работы – освоить методы определения потребления ТЭР на технологические процессы при производстве различной продукции, практически изучить порядок составления энергобаланса по предприятию.

#### **План работы**

1. Повторение основных теоретических положений.
2. Решение задач под руководством преподавателя.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.

Для подготовки к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал модуля и ответить на контрольные вопросы.

#### **Пример практического применения теоретического материала**

Предприятие занимается производством вареных колбас. Изготовление вареных колбас состоит из следующих стадий: предварительное измельчение мясного сырья; посол и созревание мяса; тонкое измельчение и приготовление фарша; шприцевание фарша в оболочку; вязка батонов и навеска их на раму; тепловая обработка (обжарка, варка и охлаждение); хранение и упаковка. Линия начинается с комплекса оборудования для предварительного измельчения мясного сырья, в состав которого входят волчки-жиловщики, блокорежки, блокорежка-измельчитель и напольные тележки. В состав линии входят комплекс оборудования для посола мяса, состоящий из смесителя, агрегата для измельчения и посола мяса, а также комплекса оборудования для посола и созревания мяса. Комплекс оборудования для созревания мяса представляет собой камеру, состоящую из стационарных стеллажей и напольных тележек. Ведущим является комплекс оборудования для тонкого измельчения и приготовления фарша, в состав которого входят волчок, куттер, смеситель-измельчитель, мешалка-измельчитель, куттер-мешалка и фаршеприготовительный агрегат. Комплекс оборудования для шприцевания фарша в оболочку состоит из шприца, конвейера для вязки колбас, клипсатора, колбасного агрегата и колбасных рам. Завершающий комплекс состоит из термоагрегата непрерывного действия или термокамеры периодического действия.

Составить энергетический баланс по предприятию.

#### **Решение.**

1. Согласно технологии производства вареных колбас записываем комплекс оборудования в сводную таблицу 2.5, графа 1.

Таблица 2.5

Комплекс оборудования для производства вареных колбас

Технологическая операция, оборудование	Кол. ед., шт	Мощность одной единицы, кВт	Мощность суммарная, кВт	Коэфф. использования мощности	Годовой фонд времени работы, ч	Потребление за год, кВт·ч
Волчок-жиловщик	3	45	135	1,3	4224	741312
Блокорезка	2	18	36	1,3	4224	197683
Блокорезка-измельчитель	2	18	36	1,3	4224	197683
Смеситель	4	5,5	22	1,3	4224	120806
Агрегат для измельчения и посола мяса	1	55	55	1,3	4224	302016
Волчок	3	45	135	1,3	4224	741312
Куттер	4	30,6	122,4	1,3	4224	672123
Смеситель-измельчитель	4	5,5	22	1,3	4224	120806
Мешалка-измельчитель	2	14	28	1,3	4224	153754
Куттер-мешалка	4	30,6	122,4	1,3	4224	672123
Фаршеприготовительный агрегат	3	32	96	1,3	4224	527155
Шприц	3	10	30	1,3	4224	164736
Конвейер для вязки колбас	6	0,8	4,8	1,3	4224	26358
Клипсатор	2	3	6	1,3	4224	32947
Колбасный агрегат	2	16	32	1,3	4224	175718
Термоагрегат непрерывного действия	3	2,6	7,8	1,3	4224	42831
Термокамера периодического действия	3	2,6	7,8	1,3	4224	42831

2. Потребляемая мощность электродвигателя технологического оборудования, количество единиц оборудования в технологической линии выбирается из приложения 6 и записывается в графы 3 и 2 таблицы 2.5 соответственно.

3. Потребление электроэнергии на технологические установки за год, кВт·ч, рассчитывается по формуле:

$$W_i = P \cdot k \cdot t, \quad (2.23)$$

где  $P$  – потребляемая мощность электродвигателя технологического оборудования, кВт;

$k$  – коэффициент использования мощности электродвигателя ( $k = 1,3$ );

$t$  – годовой фонд времени работы, ч (264 рабочих дня, по 16 ч в день).

Для волчка-жиловщика, кВт·ч:

$$W = 135 \cdot 1,3 \cdot 4224 = 741312.$$

4. Затраты топливно-энергетических ресурсов на выполнение заданного технологического процесса рассчитывается по формуле:

$$W_m = \sum W_i, \quad (2.24)$$

где  $W_m$  – расход электроэнергии по предприятию, кВт·ч;

$W_i$  – расход энергии  $i$ -ым электроприемником, кВт·ч.

$$W_m = 741312 + 197683 + 197683 + 120806 + 302016 + 741312 + 672123 + 120806 + 153754 + 672123 + 527155 + 164736 + 26358 + 32947 + 175718 + 42831 + 42831 = 4932194.$$

5. Баланс потребления топливно-энергетических ресурсов составляется по формуле (2.25) в одних единицах измерения МДж (1 кВт·ч = 3,6 МДж):

$$W_m = W_n, \quad (2.25)$$

где  $W_n$  – производство электроэнергии на предприятии, МДж ( $W_n = 3600000$  МДж).

$$W_m = 4932194 \cdot 3,6 = 17755898; \quad (2.26)$$

$$17755898 \text{ МДж} > 3600000 \text{ МДж}. \quad (2.27)$$

6. По результатам расчетов сделать вывод о состоянии использования энергоресурсов в отдельных элементах предприятия и на предприятии в целом. По неравенству (2.27) видно, что предприятие по производству вареных колбас расходует ТЭР больше установленной нормы на 14155898 МДж. В связи с этим предприятию необходимо произвести модернизацию или замену оборудования на более новое, энергосберегающее.

Индивидуальные задания к выполнению практической работы выбираются по номеру в журнале из приложения 7.

### 2.2.2.3. Практическая работа

#### **«Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Определение конструктивно-технологических параметров элеватора ковшового вертикального»**

Цель работы – рассчитать типоразмерный ряд норий производительностью 100, 80 и 60 пл. т/ч;

#### **План работы**

1. Повторение основных теоретических положений.
2. Решение задач под руководством преподавателя.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.

Для подготовки к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал модуля и практического занятия.

Сушка зерна является наиболее энергоемким и дорогостоящим процессом во всей технологической цепи зернопроизводства. При установке на зерноочистительно-сушильное оборудование устаревших конструкций подающих транспортеров зачастую приводит к тому, что нория не способна в полной мере обеспечить загрузку всех машин. Большинство таких норий имеют повышенную энерго- и материалоемкость. При их установке возникает необходимость

создания несущей металлоконструкции, которая по массе и по цене может превышать стоимость самого подающего транспортера. Проблема дальнейшего увеличения производства зерна в условиях сокращения материальных и энергетических ресурсов требует изыскания и освоения, новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, усовершенствования существующих конструкций норий. Нория представляет собой стационарное устройство непрерывного действия, предназначенное для вертикального перемещения (подъема) всех видов зерновых культур, рапса, зерна кукурузы и семян бобовых. Нория может использоваться для загрузки, выгрузки и циркуляции зерна во время сушки в зерносушилках. Нория (рис. 2.20 и 2.21) состоит из следующих основных узлов: верхнего приводного барабана 1, головки нории 2, соединительной муфты 3, люка для монтажа 4, мотора-редуктора 5, шахты 6, загрузочной горловины 7, натяжного устройства 8, смотрового окна 9, основания нории 10, задвижки для очистки 11, натяжного барабана 12, заслонки для очистки 16, распорки 17, шахты переходной 18, ковшей 13, ленты 14, соединений ремня 15. Головка нории 2 состоит из основания и оголовка, приводного вала 1 вместе с барабаном. Мотор-редуктор 5 приводит в действие барабан, находящийся в головке при помощи упругой втулочно-пальцевой муфты. Основание нории 10 представляет собой каркас коробчатого типа и является опорой всей конструкции. Для загрузки нории зерном основание должно иметь загрузочную горловину. В основании находится натяжной барабан 12 вместе с механизмом натяжения 8. Шахты 6 нории служат для предохранения окружающей среды от пыли, россыпей зерна, а также используются в качестве ограждения. Приводной 1 и натяжной 12 барабаны опоясаны замкнутой лентой 14 с прикрепленными к ней ковшами 13, которая служит для подачи зерна вверх, передавая тяговое усилие от ведущего вала к ведомому. Соединение ремня 15 происходит при помощи стяжек. Работа нории осуществляется следующим образом. Зерно поступает через загрузочную горловину 7 в основание нории 10, где ковши 13, проходя вокруг барабана 12, загружаются зерном. Лента с ковшами, наполненными зерном, поднимается к верхнему барабану. При его отгибании ковши разгружаются. Зерно выбрасывается наружу через высыпное отверстие.

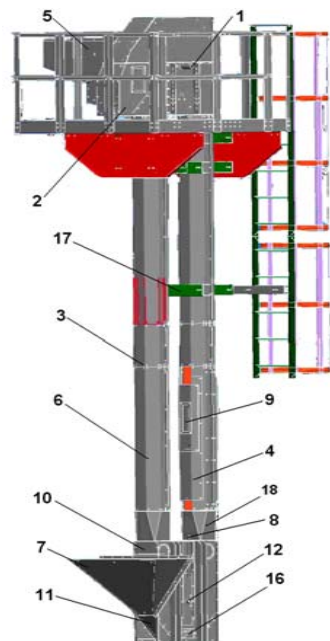


Рис. 2.20. Нория зерновая

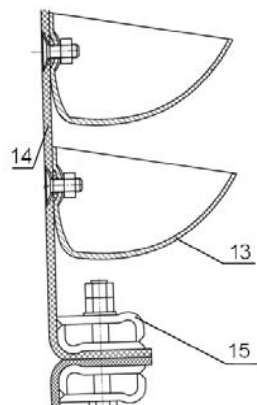


Рис. 2.21. Лента с ковшами

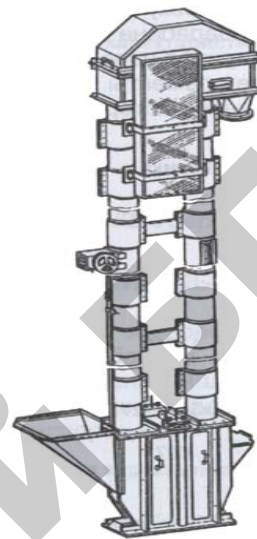


Рис. 2.22. Нория НПК-50



Рис. 2.23 . Нория тихоходная

Нория зерновая НПК-20 предназначена для вертикального транспортирования зернового материала в составе технических линий зерноочистительных и зерноочистительно-сушильных комплексов типов ЗАВ-20, КЗС-20. Технологический процесс происходит следующим образом. Материал поступает через загрузочное окно в нижнюю головку и ковшами поднимается вверх. При огибании верхнего барабана лентой происходят разгрузка ковшей и выгрузка материала через переходник верхней головки в транспортирующие элементы. Привод нории осуществляется двумя способами – через мотор-редуктор или контрпривод.

Нории НПК-10, НПК-25, НПК-50 (рис. 2.22), НУ-10 предназначены для вертикального перемещения (подъема) зерна колосовых, крупяных, зернобобовых, масличных и других культур. Они работают в составе поточных линий и комплексов послеуборочной обработки, хранения и переработки зерна продовольственного и фуражного назначения.

Нории тихоходные НТХ-20, НТХ-10 (рис. 2.23) однопоточные предназначены для вертикального перемещения семенного зерна, подсолнечника, сои и других культур в поточных линиях. Приводятся в действие электродвигателем. Состоят из нижней головки с приемником, верхней – с редуктором и электроприводом, промежуточных секций, рамы и двух бесконечных транспортных цепей с закрепленными ковшами. Ковши заполняются зерном из приемника нижней головки, а разгружаются в бункер верхней головки. Дробление семян исключается.

Нория для семенного и продовольственного зерна НСЗ-10 предназначена для вертикальной (вверх) транспортировки зерна в составе технологических линий, зерноочистительных агрегатов и зерноочистительно-сушильных комплексов, а также подачи зерна на склад и выгрузки из него. Работает в помещении.

Нория 2НСЗ-10 предназначена для вертикального перемещения семян зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур в

технологических линиях зерноочистительных агрегатов и зерноочистительно-сушильных комплексов и подачи зерна на склады в закрытых помещениях. Состоит из нижней и верхней головок, бункера, секций нижней, приводной, обслуживания и промежуточных, ленты с ковшами, электропривода и приспособления для открытия заслонки.

Нория зерновая 2НПЗ-50 – двухпоточная, предназначена для вертикальной транспортировки исходного и обработанного зернового материала в составе технологических линий высокопроизводительных зерноочистительно-сушильных комплексов, а также для подачи зерна в склад. Каждый поток нории может раздельно транспортировать материал, не смешивая фракции.

Нории БКМ-7, УН-10, УН-20, УН-50, УН-100, УН-175 и УН-350 предназначены для вертикального перемещения зерна и продуктов его переработки. Применяются на комбинатах хлебопродуктов, птицефабриках, животноводческих комплексах и т. д.

Нория ковшовая предназначена для вертикальной транспортировки зерна в составе технологических линий, зерноочистительных агрегатов и зерносушильных комплексов, а также для подачи зерна в склад и выгрузки из склада (может быть автономно использована для транспортировки других сыпучих грузов). Тяговый орган – две круглозвенные цепи с закрепленными на них ковшами. В качестве транспортирующего устройства в нориях используется элеватор. Он предназначается для подъема насыпных грузов на высоту до 50 м. Он состоит из бесконечного тягового органа (в виде конвейерной прорезиненной ленты с ковшами или одной или двух тяговых цепей) с прикрепленными к нему ковшами, приводного и натяжного устройств, загрузочного и разгрузочного башмаков и кожуха (рис. 2.24).

Привод осуществляется электродвигателем через редуктор. Предусмотрен тормоз или останов для предотвращения самопроизвольного движения рабочего органа в обратном направлении. Прорезиненная лента является более бесшумной и позволяет использовать более высокие скорости для транспортировки. Захват зерна элеваторами обеспечивается за счет самопроизвольного осыпания зерна в загрузочную часть нории. Мощность привода зависит от вида транспортируемого материала, скорости транспортера и высоты подъема.

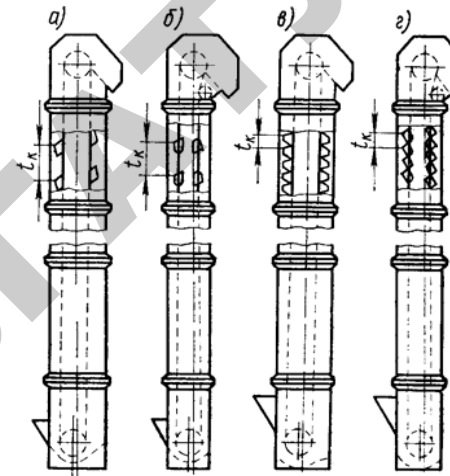


Рис. 2.24. Схема элеваторов вертикальных

### Пример практического применения теоретического материала

Определить конструктивно-кинематические параметры элеватора ковшового для подъема цемента на высоту 50 м.

1. Рассчитать погонную емкость ковшей  $i_n$ , л/м:

$$i_n = \frac{Q}{3,6v\psi\gamma} = \frac{50}{3,6 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1} = 13,9 \approx 14,$$

где  $Q$  – расчетная производительность элеватора (приложение 8), т/ч;

$v$  – скорость ковшей (приложение 9), м/с;

$\psi$  – коэффициент заполнения ковшей (приложение 9);

$\gamma$  – насыпная масса груза (приложение 10), т/м<sup>3</sup>.

2. Рассчитать мощность для работы элеватора (на приводном валу)  $N$ , кВт:

$$N = 0,003 \cdot Q \cdot H \cdot \left( 1 + \frac{q_k v C}{Q} + \frac{k_{зач}}{H} \right) =$$

$$= 0,003 \cdot 50 \cdot 50 \cdot \left( 1 + \frac{40,8 \cdot 1,25 \cdot 1,5}{50} + \frac{2,5}{50} \right) = 19,35,$$

где  $H$  – высота подъема груза (приложение 8), м;

$q_k$  – погонная масса ходовой части элеватора (формулы (2.30), (2.33) и (2.34)), кгс/м.

3. Так как для подъема цемента предназначен ленточный быстроходный с центробежной разгрузкой элеватор со скругленными глубокими ковшами, рассчитываем погонную массу ходовой части ленточного элеватора:

а) ленточного

$$q_k = q_l + q_{ков} = 15,1 + 25,7 = 40,8 \text{ кгс/м,}$$

где  $q_l$  – погонная масса ленты, кгс/м.

$$q_l = 1,1B\delta = 1,1 \cdot 0,6 \cdot 22,9 = 15,1,$$

где  $B$  – ширина ленты (приложение 8), м;

$\delta$  – толщина ленты, мм.

$$\delta = \delta_p + i\delta_{пр} + \delta_n = 3 + 8 \cdot 2,3 + 1,5 = 22,9, \quad (2.32)$$

где  $\delta_p$  – толщина резиновой обкладки рабочей стороны ленты, мм (приложение 11);

$i$  – количество прокладок в ленте (приложение 12);

$\delta_{пр}$  – толщина прокладки (приложение 13);

$\delta_n$  – толщина резиновой обкладки нерабочей стороны ленты (приложение 11);

б) цепного, кгс/м,

$$q_k = q_u + q_{ков}, \quad (2.33)$$

где  $q_u$  – погонная масса цепей (приложение 16), кг.

$q_{ков}$  – погонная масса ковшей, кгс/м.

$$q_{ков} = \frac{G_{ков}}{t_k} k = \frac{9}{0,4} \cdot 1,14 = 25,7, \quad (2.34)$$

где  $G_{ков}$  – масса одного ковша (приложение 14), кг;

$t_k$  – шаг ковшей (приложение 8), м;

$k$  – коэффициент, учитывающий вес крепежных деталей ( $k \approx 1,14$ );

$v$  – скорость ковшей (приложение 9), м/с;

$C$  – коэффициент, учитывающий расход энергии на преодоление сопротивлений от консольного расположения центра тяжести ковшей с грузом относительно тягового органа (приложение 15);

$k_{зач}$  – удельная работа на зачерпывание груза, кгс·м/кгс (приложение 17).

4. Рассчитать окружное усилие на приводном барабане (на начальной окружности звездочки), кгс:

$$P = \frac{102N}{v} = \frac{102 \cdot 19,35}{1,25} = 1579. \quad (2.35)$$

5. Рассчитать усилие для выбора ленты, кгс:

$$S_{max} = P \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} = 1579 \cdot \frac{1,87}{1,87 - 1} = 3394, \quad (2.36)$$

где  $e^{\mu\alpha}$  – тяговый фактор (приложение 18).

6. Рассчитать необходимое число прокладок в ленте:

$$i \geq \frac{S_{max} n_0}{k_p B k_0} \geq 3 = \frac{3394 \cdot 10}{119 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 5, \quad (2.37)$$

где  $S_{max}$  – наибольшее расчетное усилие в ленте, кгс;

$n_0$  – номинальный запас прочности (приложение 19);

$k_p$  – предел прочности прокладок (приложение 20);

$B$  – ширина ленты (приложение 8), м;

$k_0$  – коэффициент, учитывающий ослабление ленты в местах креплений ковшей ( $k_0 \approx 0,9$ ).

7. Предварительный выбор тяговой цепи одноцепного элеватора производится по разрывному усилию:

$$S_{разр} = (15 \div 17,5)P, \quad (2.38)$$

где  $P$  – окружное усилие на начальной окружности приводной звездочки.

8. Предварительный выбор тяговой цепи двухцепного элеватора производится по разрывному усилию:

$$P^u_{\text{разр}} = 0,6S_{\text{разр}} \quad (2.39)$$

8. Уточнить производительность элеватора, т/ч:

$$Q = 3,6i_n v \psi \gamma \frac{1}{t_k} = 3,6 \cdot 14 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot (1/0,4) = 52,6, \quad (2.40)$$

где  $i_n$  – емкость ковша, л;

$v$  – скорость ковшей (приложение 9), м/с;

$\psi$  – коэффициент заполнения ковшей (приложение 9);

$\gamma$  – насыпная масса груза, т/м<sup>3</sup> (приложение 10);

$t_k$  – шаг ковшей (приложение 8), м.

Допускается отклонение от заданной производительности в пределах 10 %.

Индивидуальные задания к выполнению практической работы выбираются по номеру в журнале из приложения 8.

#### 2.2.2.4. Практическая работа

**«Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Обоснование основных конструктивно-технологических параметров зерносушильного модуля»**

Цель работы – провести расчет зерносушильного модуля.

##### Задачи

1. Определить количество теплоносителя, подаваемого отдельно в камеры нагрева и сушки, м<sup>3</sup>/ч.

2. Определить количество тепла, которое требуется подать в камеры нагрева и сушки и в сумме, ккал/ч.

3. Определить мощность (тепловую) топочных агрегатов и расход ими топлива, кВт, кг/ч.

##### План работы

1. Повторение основных теоретических положений.
2. Решение задач под руководством преподавателя.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.

Для подготовки к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал модуля, воспользоваться методическими указаниями к практическому занятию [16].

##### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Тепловой расчет зерносушильного модуля.
3. Выводы по работе.

#### 2.2.2.5. Практическая работа

**«Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Обоснование конструктивных параметров жидкотопливных топочных агрегатов для зерносушилок в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь»**

Цель работы – провести расчет и на его основе обосновать основные параметры жидкотопливных топочных агрегатов.

##### План работы

1. Повторение основных теоретических положений.
2. Решение задач под руководством преподавателя.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.

Для подготовки к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал модуля, проработать материал методических указаний к практическому занятию [14].

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Расчет основных конструктивных элементов топочного агрегата.
3. Выводы по работе.

### 2.2.2.6. Практическая работа

#### **«Особенности эксплуатации оборудования и регулирования потребления энергии при производстве, переработке и хранении продукции растениеводства. Обоснование конструктивных параметров топочных агрегатов, работающих на местных видах топлива, для зерносушилок в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь»**

Цель работы – рассчитать основные конструктивно-технологические параметры топочных агрегатов зерносушилок, работающих на местных видах топлива.

### План работы

1. Повторение основных теоретических положений.
2. Решение задач под руководством преподавателя.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным заданиям.

Для подготовки к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал модуля и методических указаний практического занятия [15].

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Расчет основных конструктивных элементов топочного агрегата.
3. Выводы по работе.

### 2.2.2.7. Лабораторная работа

#### **«Приборы для учета и регулирования потребления энергии, особенности конструкции, эксплуатации»**

Цель работы – изучить принцип действия, конструкцию и область измерения приборов для учета за расходом всех видов ТЭР.

### Задание по подготовке к работе

1. Ознакомление с универсальным прибором TESTO 435. Измерение температуры с его помощью.
2. Ознакомление с конструкциями терморпар и их основными техническими данными.
3. Ознакомление с конструкциями манометров различных типов и принципами их действия.

**Универсальный прибор TESTO 435.** Для измерений параметров воздуха в помещениях применяется многофункциональный прибор Testo 435. Измеряемыми параметрами являются: скорость движения воздуха, концентрация  $CO_2$ , относительная влажность, температура воздуха, абсолютное давление, дифференциальное давление, тяга, освещенность, температура поверхности, а также определение объемного расхода воздуха. Измерение скорости воздуха осуществляется как с помощью обогреваемых зондов, зондов-крыльчаток, а также трубками Пито. Testo 435 осуществляет документирование результатов измерений либо на персональном компьютере (ПК), с помощью удобного программного обеспечения (ПО), либо на месте замера через портативный ИК-принтер Testo.

Testo 435 – многофункциональный портативный прибор с большим выбором зондов для комплексного измерения параметров климата и наладки систем отопления, вентиляции и кондиционирования. Измеренные данные (одновременно несколько параметров) в цифровом виде отображаются на дисплее.

Технические характеристики прибора представлены в таблице 2.6.



Таблица 2.6

Технические характеристики Testo 435

Характеристика	Значение и погрешность
Температура	-40 до +150 °C ± 0,1 °C
Относительная влажность	0 до +100 % ± 0,1 % от изм. значения
Скорость движения воздуха	0 до +60 м/с ± 0,01 м/с
Концентрация CO <sub>2</sub>	0 до +10000 ппм ± 1 ппм ± 2 %
Освещенность	0 до +100000 Лк ± 1Лк
Давление воздуха	0 до +2000 гПа ± 0,1 гПа
Габариты	225×74×46 мм

Внешний вид прибора представлен на рисунке 2.25.



Рис. 2.25. Внешний вид универсального прибора Testo:

1 – индикация параметра 1 на дисплее; 2 – индикация параметра 2 на дисплее; 3 – кнопки управления; 4 – кнопки переключения параметров; 5 – кнопки установок; 6 – кнопка вкл/выкл; 7 – гнездо подключения зонда

**Термопары.** Принцип работы термопары (термоэлектрического термометра) основан на температурной зависимости контактных термоЭДС в цепи из двух разнородных термоэлектродов. При этом происходит преобразование неэлектрической величины – температуры – в электрический сигнал – ЭДС.

Термопары делятся на две группы:

1) термопары из благородных металлов;

2) термопары из неблагородных металлов.

К первой группе относятся термопары платинородий-платина.

Ко второй группе относятся термопары: хромель-копель, хромель-алюмель, медь-константан, вольфрам-молибден, железо-копель, медь-копель.

Термопары могут измерять температуры в интервале -200 ...+2500 °C.

**Жидкостные приборы измерения давления** по конструктивному признаку подразделяются на U-образные и чашечные. Эти приборы применяются в качестве манометров для определения избыточного давления воздуха и неагрессивных газов до 0,1 Мпа, вакуумметров для измерения вакуума до 10 Па и дифференциальных манометров для измерения разности давлений неагрессивных газов в пределах от 0,1 МПа до 7 кПа, а также неагрессивных жидкостей и паров в пределах от 0,1 МПа до 0,4 кПа. Измерение небольших разностей давления воздуха и неагрессивных газов до 1 кПа производится с помощью микроманометров.

Жидкостные приборы давления используются в качестве как рабочих, так и контрольных, а также образцовых манометров и вакуумметров.

Жидкостные U-образные манометры (рис. 2.26) изготавливаются из стеклянных трубок диаметром 6–10 мм, заполненных наполовину рабочей жидкостью (ртутью, водой, спиртом, маслом).

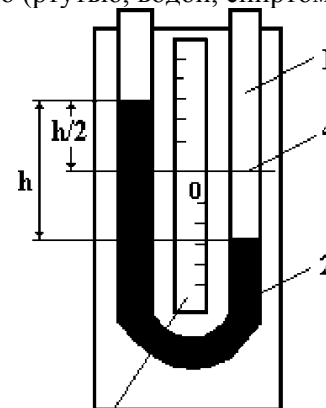


Рис. 2.26. Схема жидкостного U-образного манометра: 1 – стеклянная трубка; 2 – рабочая жидкость; 3 – шкала; 4 – положение менисков

**Деформационные приборы измерения давления.** Приборы, принцип действия которых основан на использовании упругой деформации чувствительных элементов, воспринимающих измеряемое давление среды, получили широкое распространение в разных областях техники. Они изготавливаются в виде тягомеров, напорометров, тягонапорометров, манометров, вакуумметров и мановакуумметров в диапазоне измерения от 50 Па до 1000 МПа. В качестве упругих чувствительных элементов используются мембраны, мембранные коробки, сильфоны и трубчатые пружины.

В зависимости от назначения манометры с упругими чувствительными элементами бывают рабочими и образцовыми.

Манометры с одновитковой трубчатой пружиной получили наибольшее распространение при измерении давлений в диапазоне от 0,1 до 1000 МПа. Они, в зависимости от назначения, подразделяются на технические, классов точности 1; 1,6 и 2,5, повышенной точности типа МТИ, классов точности 0,6 и 1,0 и образцовые типа МО, классов точности 0,16; 0,25 и 0,4. Манометры образцовые типа МО выпускаются с верхним пределом измерений от 0,1 до 60 МПа.

Устройство манометра с трубчатой пружиной Бурдона приведено на рис. 2.27. Один конец трубчатой пружины 2 закреплен в держателе 6, который снабжен штуцером 7 для соединения с объектом измерения давления. К запаянному концу присоединен поводок 4 с передаточным механизмом, состоящим из сектора 5 и зубчатого колеса 8, на оси которого закреплена стрелка 3. Спиральная пружина 1, прижимающая зубцы колеса к зубцам сектора, устраняет свободный ход стрелки. Под влиянием избыточного давления пружина деформируется и через передаточный механизм отклоняет стрелку манометра. Перемещение пружины, а, следовательно, и угол поворота стрелки, пропорциональны измеряемому давлению, поэтому шкала таких манометров равномерная.

Вакуумметры и мановакуумметры с одновитковой трубчатой пружиной имеют аналогичную конструкцию. Устройство приборов повышенной точности и образцовых такое же, а большая точность достигается тщательным изготовлением и применением материалов высокого качества.

Стабильность показаний трубчатых манометров нарушается явлением гистерезиса и остаточной деформации, поэтому их следует тарировать не реже одного раза в год. Кроме того, в условиях пере-

менной температуры изменяется модуль упругости чувствительного элемента, что вызывает необходимость введения поправки к показанию прибора.

Тонкостенные пружины Бурдона применяют в приборах для измерения избыточного давления до 6 МПа. В диапазоне давлений от 20 до 160 МПа используют толстостенные трубчатые пружины овального сечения, а для измерения сверхвысокого давления 1000 МПа и выше применяют трубчатые пружины с эксцентричным каналом.

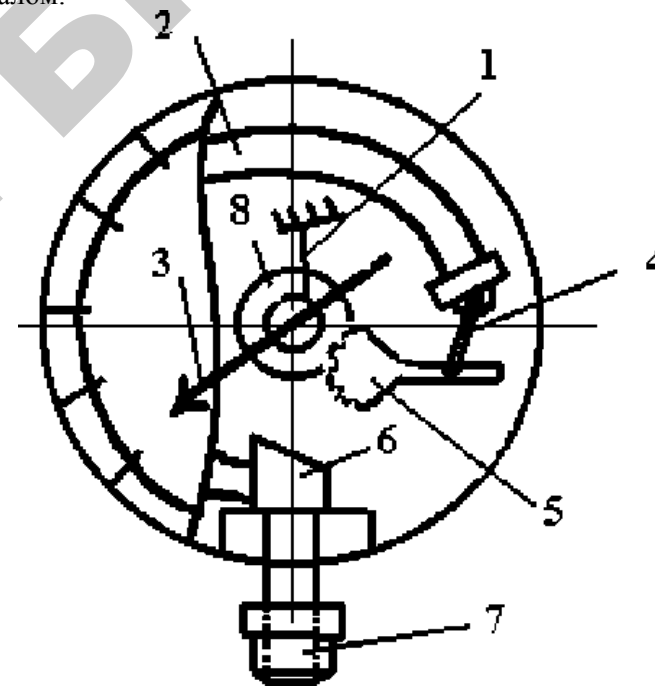


Рис. 2.27. Устройство деформационного манометра с пружиной Бурдона

### Программа и методика выполнения работы

В данной лабораторной работе используется термopара типа хромель-копель (хромель-сплав, содержащий 90 % Ni и 10 % Cr; копель-сплав, содержащий 56 % Cu и 44 % Ni).

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2.28.

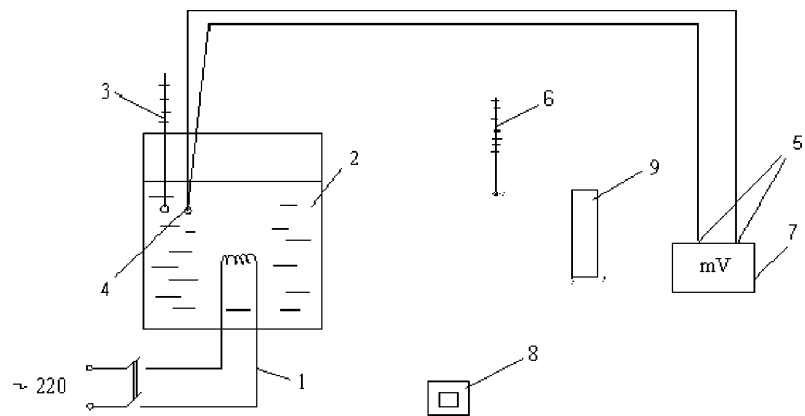


Рис. 2.28. Схема экспериментальной установки:

1 – спираль; 2 – сосуд с кипящей водой; 3 – термометр; 4 – горячий спай термопары; 5 – холодный спай термопары; 6 – термометр; 7 – милливольтметр; 8 – тепловизор; 9 – универсальный измеритель

1. Включить нагрев воды в сосуде 2.
2. Снять показания приборов (термометров, милливольтметра) и записать их в протокол измерений (таблица 2.7).
3. Выключить установку.
4. Определить температуру воды с помощью термопары.
5. Построить зависимость  $t = f(e)$ .

Таблица 2.6

Протокол измерений

Номер	$T_{\Gamma T}, ^\circ\text{C}$	$e_{\Gamma T}, \text{mV}$	$t_{X T}, ^\circ\text{C}$	$e_{X T}, \text{mV}$
1	40			
2	60			
3	80			
4	100			

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Устройство прибора TESTO 435, конструкции термопар, конструкции манометров.
3. Таблица результатов измерений.
4. Графическая зависимость.
5. Выводы.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

1. Энергетика, энергосбережение и энергетические ресурсы – основные понятия.
2. Роль энергетики в развитии человеческого общества и уровне его цивилизации.
3. Виды топлива, их состав и теплота сгорания. Условное топливо.
4. Энергетические ресурсы мира и Республики Беларусь.
5. Эффективность использования и потребление энергии в различных странах и Республики Беларусь.
6. Потенциалы энергосбережения по отраслям народного хозяйства Республики Беларусь.
7. Государственная программа Республики Беларусь «Энергосбережение». Приоритетные направления в области энергосбережения в Республике Беларусь.
8. Традиционные способы получения тепловой и электрической энергии.
9. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.
10. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую (солнечные водоподогреватели, солнечные коллекторы, гелионагревательные станции и солнечные электростанции) и электрическую (фотоэлектрические преобразователи).
11. Ветроэнергетика и малая гидроэнергетика (потенциал, установки и возможности использования в Республике Беларусь).
12. Энергия биомассы (потенциал биоэнергоресурсов в Республике Беларусь, газогенераторы, анаэробная переработка биомассы, использование бытовых отходов).
13. Энергия других природных явлений (приливов и отливов, волн, геотермальных процессов).
14. Вторичные энергетические ресурсы. Классификация вторичных энергетических ресурсов.
15. Энергосберегающие технологии на основе использования вторичных энергоресурсов.
16. Схемы использования тепла отходящих газов, вторичного пара, вентиляционных выбросов. Тепловые насосы.
17. Экологические проблемы энергетики.
18. Классификация и основные характеристики атмосферных выбросов при сжигании топлива и их влияние на окружающую среду и человека.

19. Парниковый эффект.
20. Выбросы технологического тепла и влаги, взаимосвязь экологии и энергосбережения.
21. Энергосбережение в зданиях и сооружениях.
22. Экономичные источники света.
23. Виды и способы учета ТЭР на предприятиях.
24. Нормы расхода ТЭР на производстве.
25. Общий порядок нормирования расхода ТЭР в Республике Беларусь и методы нормирования.
26. Основы энергетического аудита и менеджмента.
27. Понятие энергетического баланса предприятия. Виды энергобалансов.
28. Государственные и производственные структуры управления энергосбережением.
29. Планирование энергосберегающих мероприятий.
30. Нормативно-правовое обеспечение энергосбережения.
31. Законы и нормативные акты, регулирующие производство, распределение и потребление ТЭР и энергосбережение в Республике Беларусь.
32. Энергосберегающие технологии и организация энергосберегающих мероприятий в сельском хозяйстве.
33. Энергосберегающие технологии и организация энергосберегающих мероприятий в пищевой промышленности.
34. Учет и регулирование потребления электрической энергии. Пути и способы экономии электроэнергии потребителями.
35. Учет и регулирование потребления тепловой энергии. Пути и способы экономии тепловой энергии потребителями.
36. Учет и регулирование потребления воды и расхода газа.

## ТЕРМИНЫ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

**Анаэробная переработка** – многоступенчатый процесс разложения органических веществ в специальных емкостях без доступа воздуха (кислорода) под действием анаэробных микроорганизмов с образованием метана и углекислого газа в виде конечных продуктов.

**АЭС** – атомные электрические станции.

**Биомасса** – сложный комплекс веществ, из которых состоят растения и животные.

**ВИЭ** – возобновляемые источники энергии – источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцируемого природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых отходов.

**ВЭР** – вторичные энергетические ресурсы – это энергоносители, являющиеся побочными продуктами основного производства и энергия которых не применяется в данном технологическом процессе, но может быть использована в иных целях другими потребителями.

**ВЭС** – ветроэлектростанции.

**Газификация** – преобразование органической части твердого или жидкого топлива в горючие газы при высокотемпературном нагреве с окислителем (кислород, воздух, водяной пар,  $\text{CO}_2$  или, чаще, их смесь).

**ГРЭС** – государственные районные электростанции.

**ГТУ** – газотурбинные установки.

**ГЭС** – гидравлические электрические станции.

**Исчерпаемые источники энергии** – ресурсы, сокращающиеся по мере их использования.

**Кислотный дождь** – дождь, который содержит какое-то количество кислот вследствие наличия в воздухе таких загрязняющих веществ, как оксиды серы, азота и др.

**КЭС** – конденсационные электрические станции.

**Механическая энергия** – энергия механического движения и взаимодействия тел системы или их частей.

**МТП** – машинно-тракторный парк.

**МТФ** – молочно-товарная ферма.

**НИЭ** – нетрадиционные источники энергии.

**Норма расхода ТЭР** – мера потребления ТЭР на единицу продукции (работы, услуги) определенного качества в планируемых условиях производства.

**Парниковый эффект** – постепенное потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере антропогенного углекислого и других газов (метана, фтор- и хлоруглеводородов).

**ПГУ** – парогазовые установки.

**Первичные источники энергии** – это исходные (природные геологические, космические либо биологические) носители энергии, которые осваиваются или могут быть освоены человеком.

**Пиролиз** – термическое разложение органических соединений (древесины, нефтепродуктов, угля и прочего).

**ПТУ** – паротурбинные установки.

**Ресурсосбережение** – совокупность мер по бережливому и эффективному использованию факторов производства (капитала, земли, труда).

**Световая энергия** – энергия электромагнитных волн (движущихся электрического и магнитного полей).

**Тепловая энергия** – энергия неупорядоченного движения и взаимодействия молекул вещества.

**ТН** – тепловой насос.

**ТНУ** – теплонасосная установка.

**ТЭР** – топливно-энергетические ресурсы – совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике.

**ТЭС** – тепловые электрические станции.

**ТЭЦ** – теплоэлектроцентрали.

**Условное топливо** – принятая при технико-экономических расчетах единица, служащая для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива. Теплота сгорания 1 кг твердого условного топлива (или 1 м<sup>3</sup> газообразного) 29,3 МДж (7000 ккал).

**Химическая энергия** – энергия, заключенная в молекулах веществ, которая может высвободиться или поглощаться при химических реакциях.

**Электрическая энергия** – энергия движущихся по электрической цепи электронов (электрического тока).

**Энергетика** – область общественного производства, охватывающая энергетические ресурсы, выработку, преобразование, передачу и использование различных видов энергии.

**Энергетический баланс** – это соотношение между поступлением на предприятие ТЭР и их использованием в определенный период времени.

**Энергетический аудит** – вид деятельности, направленный на выявление возможного потенциала снижения затрат за потребленные энергоресурсы субъектами хозяйственной деятельности и разработку техничеки и

экономически обоснованных предложений, рекомендуемых для внедрения с учетом приоритетности их осуществления.

**Энергетический менеджмент** – часть общей системы управления производством, включающая деятельность по научно обоснованному управлению энергетическими ресурсами предприятия с целью повышения эффективности их использования.

**Энергосбережение** – организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) ТЭР в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

### 1. Индивидуальные задания к практической работе № 1.3

Но- мер	$\tau$	Температура, °С								$P$ , кВт	$\Delta V_{\text{св}}$ , М <sup>3</sup>	$B$ , кПа
		$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t'_x$	$t''_x$	$t'_r$	$t''_r$			
1	5	34	52	89	56	29	22	18	104	8,9	2,3	101,4
2	5	26	57	96	44	28	23	18	107	10	2,5	101,4
3	5	25	44	87	35	29	24	18	100	10,6	2,6	101,4
4	5	31	36	62	42	39	25	18	106	9,6	2,4	101,4
5	5	28	54	95	36	37	26	18	104	10,6	2,6	101,4
6	5	26	33	95	45	38	27	18	102	8,9	2,3	101,4
7	5	42	46	86	63	39	28	18	101	10	2,5	101,4
8	5	35	38	89	57	41	29	18	103	8,6	2,1	101,4
9	5	31	35	93	54	46	30	18	102	11,8	2,8	101,4
10	5	28	56	96	36	42	26	18	106	8,6	2,2	101,4
11	5	29	78	105	58	31	28	18	107	8,6	2,1	101,4
12	5	30	53	89	41	53	31	18	102	8,9	2,3	101,4
13	5	35	42	85	42	49	33	18	105	10	2,5	101,4
14	5	31	45	73	45	48	34	18	101	10,6	2,6	101,4
15	5	25	48	99	39	36	21	18	107	11,8	2,8	101,4
16	5	21	48	92	56	45	26	18	106	8,9	2,3	101,4
17	5	21	56	75	49	44	24	18	105	9,2	2,4	101,4
18	5	36	49	96	51	42	26	18	102	10	2,5	101,4
19	5	42	55	87	61	35	28	18	107	10	2,5	101,4
20	5	28	66	95	36	41	35	18	100	10,6	2,6	101,4
21	5	30	69	101	38	37	21	18	109	11,2	2,8	101,4
22	5	29	53	87	45	36	24	18	105	11,6	2,9	101,4
23	5	35	66	95	56	42	25	18	104	8,6	2,1	101,4
24	5	21	49	75	39	43	23	18	98	8,9	2,3	101,4
25	5	18	55	86	36	39	24	18	102	10,6	2,6	101,4
26	5	23	64	96	38	36	25	18	108	10,8	2,7	101,4
27	5	25	55	82	45	35	22	18	110	10	2,5	101,4
28	5	35	43	93	56	34	21	18	109	10,6	2,6	101,4
29	5	19	49	84	46	42	23	18	108	8,6	2,1	101,4
30	5	36	49	96	51	42	26	18	102	10	2,5	101,4

### 2. Коэффициент использования светильников

<b>AL 118,136</b>	<b>AL ARS 118,136</b>	<b>ALD 236</b>	<b>ALO 136</b>
<b>ALO 236</b>	<b>ALO OPL 118,136,158</b>	<b>ALS OPL 236,258</b>	<b>ALS OPL 418</b>
<b>ALS PRS 118,136,158</b>	<b>ALS PRS 236,258</b>	<b>ALS PRS 418</b>	<b>AOT OPL 118,136,158</b>
<b>AOT OPL 218,236,258</b>	<b>AOT OPL 418</b>	<b>AOT PRS 118,136,158</b>	<b>AOT PRS 218,236,258</b>
<b>AOT PRS 418</b>	<b>ARCTIC 118,136,158,218,236,258</b>	<b>ARS 218,236,258</b>	<b>ARS 418,436</b>

Table with 4 columns: ARSP1m/R 418, AST 218, BAT 118,136,158, BAT 218,236,258. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: BAT 118,136,158, BAT 218,236,258. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLK 218,226, DLM 70,150, DLS 118,118,126,132,213,218,226,232,24. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLS 118,118,126,132,213,218,226,232,24, DLK 218. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: BAT+RW 118,136,158, BAT+RW 218,236,258, BAT+RZ 118,136,158, BAT+RZ 218,236,258. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: BAT+RZ 118,136,158, BAT+RZ 218,236,258. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLP 118,126,132,142, DLR 70,150, DLS 118,118,126,132,213,218,226,232,24. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLS 118,118,126,132,213,218,226,232,24, DLK 218. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: C 360/132, CD 218, CMG 218, CMP 218. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: CMG 218, CMP 218. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLZ 70, DR, DPL 418, DR, PRS 418, FLORA 400S, 600S. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DR, PRS 418, FLORA 400S, 600S. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DHF 70,150, DLC 113,118,126,218,213,226, DLF Var.1 218,226, DLF Var.2 218,226. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLF Var.1 218,226, DLF Var.2 218,226. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: HBF 250H, 250M Pos.3, HBF 250H, 250M Pos.1, HBF 250H, 250M Pos.2, HBF 250S Pos.1. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: HBF 250H, 250M Pos.2, HBF 250S Pos.1. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLF Var.3 218,226, DLF Var.4 218,226, DLF Var.5 218,226, DLG 113,118,126,132,213,218,226,232. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: DLF Var.5 218,226, DLG 113,118,126,132,213,218,226,232. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: HBF 250S Pos.5, HBF 250H, 250M Pos.4, HBF 250H, 250M Pos.5, HBF 250H, 250M Pos.6. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.

Table with 4 columns: HBF 250H, 250M Pos.5, HBF 250H, 250M Pos.6. Each column contains a table with 'потолок', 'стены', and 'пол' rows and values for categories 80, 80, 80, 70, 50, 50, 30, 0.



### **3. Индивидуальные задания к выполнению практической работы «Расчет количества светильников методом коэффициента использования. Расчет экономии»**

Необходимо найти количество светильников в:

- 1) офисе с желтыми стенами, светло-коричневым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 0,7 м от пола. Ширина помещения – 12 м, длина – 8 м, высота – 3,2 м. Светильники – ARS/R 418. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;
- 2) лаборатории со светлыми стенами, белой плиткой и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 600 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 6 м, длина – 6 м, высота – 2,8 м. Светильники – AL118,136. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;
- 3) спортивном зале с голубыми стенами, серым полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 600 лк на уровне 1,5 м от пола. Ширина помещения – 12 м, длина – 20 м, высота – 6 м. Светильники – AL.ARS 118,136. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 24 Вт. Световой поток лампы – 1500 лм;
- 4) офисе со светлыми стенами, темным ламинатом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 200 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 4 м, длина – 7 м, высота – 2,8 м. Светильники – ALD 236. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;
- 5) мастерской с желтыми стенами, темным линолеумом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 1,5 м от пола. Ширина помещения – 8 м, длина – 14 м, высота – 3,7 м. Светильники – AOT OPL 218,236. В одном светильнике 10 ЛЛ мощностью по 24 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;
- 6) лаборатории с темными стенами, серой облицовочной плиткой и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 200 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 3 м, длина – 7 м, высота – 4,2 м. Светильники – AOT OPL 418. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 22 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;
- 7) учебной аудитории с бежевыми стенами, темным паркетом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 600 лк

на уровне 1,2 м от пола. Ширина помещения – 10 м, длина – 22 м, высота – 6,2 м. Светильники – AOT PRS 118. В одном светильнике 12 ЛЛ мощностью по 34 Вт. Световой поток лампы – 2000 лм;

8) техническом помещении с серыми стенами, темным бетонным полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 200 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина – 2,5 м, длина – 4 м, высота – 2,2 м. Светильники – AOT PRS 418. В одном светильнике 2 ЛЛ мощностью по 12 Вт. Световой поток лампы – 1000 лм.

9) офисе со светлыми стенами, синим ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 1,2 м от пола. Ширина помещения – 5 м, длина – 10,5 м, высота – 2,7 м. Светильники – ARCTIC 118. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 14 Вт. Световой поток лампы – 1050 лм;

10) ангаре с серыми стенами, бетонным полом и серым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 1,5 м от пола. Ширина помещения – 20 м, длина – 60 м, высота – 18,2 м. Светильники – ARS 218. В одном светильнике 12 ЛЛ мощностью по 34 Вт. Световой поток лампы – 1000 лм;

11) учебном классе со светлыми стенами, коричневым линолеумом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 300 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 5 м, длина – 8 м, высота – 3,2 м. Светильники – AST 218. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 20 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

12) лаборатории с голубыми стенами, серым полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина – 4 м, длина – 6 м, высота – 3,2 м. Светильники – BAT 118. В одном светильнике 5 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 800 лм;

13) офисе с розовыми стенами, серым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 300 лк на уровне 1,0 м от пола. Ширина помещения – 5 м, длина – 8 м, высота – 3,8 м. Светильники – BAT+RW 118. В одном светильнике 7 ЛЛ мощностью по 22 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

14) офисе со светлыми стенами, серым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 300 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 9 м, длина – 6 м, высота – 3,2 м. Светильники – BAT+RW 218. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

15) учебном классе с бежевыми стенами, светлым паркетом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400

лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 4 м, длина – 6 м, высота – 3,2 м. Светильники – ВАТ+RZ 118. В одном светильнике 5 ЛЛ мощностью по 22 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

16) учебной лаборатории с темными стенами, серым полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 200 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 4 м, длина – 6 м, высота – 2,8 м. Светильники – С 360/132. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 28 Вт. Световой поток лампы – 2000 лм;

17) спортивном зале с салатowymi стенами, зеленым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 1,5 м от пола. Ширина помещения – 9 м, длина – 12 м, высота – 4,2 м. Светильники – CD 218. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 22 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

18) офисе со светлыми стенами, серым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 400 лк на уровне 1,2 м от пола. Ширина помещения – 5 м, длина – 12 м, высота – 3,2 м. Светильники – CMG 218. В одном светильнике 5 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1050 лм;

19) учебном классе с желтыми стенами, коричневым ламинатом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 200 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 4 м, длина – 8 м, высота – 3,4 м. Светильники – DHR 70,150. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 16 Вт. Световой поток лампы – 1000 лм;

20) мастерской со светлыми стенами, серым бетонным полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 450 лк на уровне 1,3 м от пола. Ширина помещения – 9 м, длина – 12 м, высота – 3,8 м. Светильники – DLC 113. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 22 Вт. Световой поток лампы – 1080 лм;

21) гараже с серыми стенами, бетонным полом и серым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 420 лк на уровне 1,5 м от пола. Ширина помещения – 12 м, длина – 20 м, высота – 5,8 м. Светильники – DLF VAR.1 218. В одном светильнике 7 ЛЛ мощностью по 28 Вт. Световой поток лампы – 1000 лм;

22) офисе с сиреневыми стенами, синим ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 300 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 5 м, длина – 9 м, высота – 3,2 м. Светильники – DLK 218. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1050 лм;

23) на животноводческой ферме со светлыми стенами, бетонным полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю ос-

вещенность 400 лк на уровне 1,2 м от пола. Ширина помещения – 18 м, длина – 54 м, высота – 4,8 м. Светильники – DLH 70,150. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 800 лм;

24) доильном зале со светлыми стенами, серым полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 100 лк на уровне 1,2 м от пола. Ширина помещения – 12 м, длина – 18 м, высота – 3,8 м. Светильники – DLM 218,226. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 14 Вт. Световой поток лампы – 1200 лм;

25) офисе со светлыми стенами, серым ковролином и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 300 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 9 м, длина – 6 м, высота – 3,2 м. Светильники – DLP 118. В одном светильнике 4 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

26) сборочном цехе со голубыми стенами, темным полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 600 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 12 м, длина – 22 м, высота – 4,2 м. Светильники – DLR 70,150. В одном светильнике 12 ЛЛ мощностью по 34 Вт. Световой поток лампы – 2000 лм;

27) лаборатории с желтыми стенами, коричневым линолеумом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 500 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 5 м, длина – 8 м, высота – 3,2 м. Светильники – DLS 113. В одном светильнике 10 ЛЛ мощностью по 27 Вт. Световой поток лампы – 1000 лм;

28) складском помещении с зелеными стенами, бетонным полом и желтым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 100 лк на уровне 1,5 м от пола. Ширина – 12 м, длина – 34 м, высота – 8,2 м. Светильники – DLZ 70. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 18 Вт. Световой поток лампы – 800 лм.

29) помещении ремонтного участка с серыми стенами, бетонным полом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 500 лк на уровне 1,0 м от пола. Ширина помещения – 14 м, длина – 28 м, высота – 4,2 м. Светильники – HBF 250H. В одном светильнике 8 ЛЛ мощностью по 28 Вт. Световой поток лампы – 1150 лм;

30) инструментальном цехе с серыми стенами, коричневым линолеумом и светлым потолком, которое обеспечит среднюю освещенность 500 лк на уровне 0,8 м от пола. Ширина помещения – 10 м, длина – 34 м, высота – 5,2 м. Светильники – HBS 250M. В одном светильнике 12 ЛЛ мощностью по 22 Вт. Световой поток лампы – 1000 лм.

Вариант	Потребляемая мощность лампы накаливания $P_{\text{лнк}}$ , Вт	Стоимость лампы накаливания, $C_{\text{лнк}}$ , у.е.	Стоимость светильника с лампой накаливания $C_{\text{слн}}$ , у.е.	Потребляемая мощность компактной люминесцентной лампы $P_{\text{лнк}}$ , Вт	Стоимость компактной люминесцентной лампы $C_{\text{слн}}$ , у.е.	Стоимость светильника с компактной люминесцентной лампой $C_{\text{слн}}$ , у.е.	Ежегодная наработка светильников $T_{\text{сут}}$ , ч	Расчетный срок службы светильников $T_{\text{расч}}$ , лет
1	40	0,2	14	7	3,0	48	6	12
2	60	0,2	14	9	3,2	48	6	12
3	75	0,25	14	11	3,5	48	6	12
4	100	0,3	18	22	7,0	56	7	12
5	150	0,3	18	11	3,5	48	7	12
6	75	0,25	14	9	3,2	48	7	12
7	40	0,2	14	7	3,0	48	8	12
8	60	0,2	14	9	3,2	48	8	12
9	150	0,3	18	11	3,5	48	8	12
10	100	0,3	18	22	7,0	56	9	12
11	60	0,2	14	11	3,5	48	9	11
12	40	0,2	14	9	3,2	48	9	11
13	75	0,25	14	7	3,0	48	10	11
14	150	0,3	18	11	3,5	48	10	11
15	100	0,3	18	7	3,0	48	10	11
16	40	0,2	14	9	3,2	48	11	11
17	60	0,2	14	11	3,5	48	11	11
18	75	0,25	14	22	7,0	56	11	11
19	100	0,3	18	7	3,0	48	12	11
20	150	0,3	18	9	3,2	48	12	11
21	60	0,2	14	11	3,5	48	12	10
22	75	0,25	14	22	7,0	56	14	10
23	40	0,2	14	9	3,2	48	14	10
24	100	0,3	18	7	3,0	48	14	10
25	150	0,3	18	11	3,5	48	15	10
26	40	0,2	14	9	3,2	48	15	10
27	75	0,25	14	7	3,0	48	15	10
28	60	0,2	14	22	7,0	56	13	10
29	150	0,3	18	9	3,2	48	13	10
30	100	0,3	18	7	3,0	48	13	10

#### 4. Энергетические показатели производственных ресурсов

Наименование, единица измерения	Энергосодержание	Энергоэквивалент
	МДж/физ.ед.	
<b>Энергоносители</b>		
Электрическая энергия, кВт·ч	3,6	9,2
Тепловая энергия, Мкал: ТЭЦ / автономных котельных	4,2	5,9/5,0
Нефть, кг	43,0	2,4
Бензин, кг	43,9	10,5
Дизельное топливо, кг	42,7	10,0
Мазут, кг	40,6	7,6
Сжиженный нефтяной газ (ГСН), кг	46,9	
Компримированный природный газ (КПГ), м <sup>3</sup>	35,5	5,4
Сжиженный природный газ (СПГ), кг	51,2	
Смазочные масла, кг	-	36,3
Уголь каменный (Кузбасс), кг	26,3	5,4
Торф кусковой (влаж. 25 %), кг	14,6	3,8
Дрова (влаж. 40 % /25 %), кг	10,2/13,0	0,7/1,1
Солома тюками, рулонами (влаж. 14 %), кг	14,8	1,0
<b>Средства механизации</b>		
Тракторы, комбайны и другие самоходные машины, мобильные энергетические средства, автомобили, сельскохозяйственная авиация		144
Плуги с жесткими стойками, бороны дисковые и зубовые, луцильники, культиваторы, сцепки, волокуши, грабли-валкователи и т. п.		83
Плуги оборотные, с гидropредохранителями, комбинированные почвообрабатывающие агрегаты, сеялки и сажалки механические, копатели, подборщики, погрузчики тракторные, стоговозы, прицепы и т.п.		90
Машины для внесения твердых удобрений прицепные, комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты, фрезерные машины, сеялки пневматические, комбайны прицепные, пресс-подборщики, вспушители льна, косилки прицепные, жатки валковые, молотилки и т. п.		99
Машины для внесения жидких удобрений прицепные, опрыскиватели, зерноочистительное и зерносушильное оборудование, сортировальные пункты, оборудование для отжима и фильтрации растительных масел, установки активного вентилирования, геоловодо- и воздухонагреватели, краны, конвейеры, станки, электропозрузчики; насосные станции, электродвигатели, диагностические стенды и т. п.		112

Продолжение приложения 4

Наименование, единица измерения	Энергосодержание	Энергоэквивалент
Машины, использующие ВИЭ (ориентировочно): гелиоводо- и воздухонагреватели, охладители продукции и т. п.; ветроагрегаты, микроГЭС, биогазовые установки и т. п.		90–100 120–144
Средства химизации		
	Энергоэквивалент, МДж/кг	
Наименование, содержание д.в., /о	Д.в.	массы
Азотные удобрения		
Аммиачная селитра, 34,5	80	27,6
Натриевая селитра, 16,0	80	12,8
Кальциевая селитра, 17,0	80	13,6
Карбамид (мочевина), 46,2	80	36,8
Карбамид капсулированный, 45,3	80	36,2
Сульфат аммония, 20,5	80	16,4
КАС, 28,0	80	22,4
Аммиак жидкий, 82,2	80	65,6
Аммиак водный, 20,5	80	16,4
Фосфорные удобрения		
Суперфосфат порошковидный, 18,7	13,8	2,7
Суперфосфат двойной гранулированный, 4'6,0	13,8	6,3
Термофосфат, 30,0	13,8	4,1
Фосфоритная мука, 19,7	13,8	2,6
Калийные удобрения		
Хлористый калий, 60,0	8,8	5,3
Калийная соль, 40,0	8,8	3,5
Сульфат калия, 48,0	8,8	4,2
Сложные удобрения		
Нитрофоска, 36 (N-12, P-12, K-12)	51,5	18,5
Аммофосфат, 54 (N-7, P-47)	51,5	27,8
ЖКУ, 44 (N-10, P-34)	51,5	22,7
Аммофос гранулированный, 62 (N-12, P-50)	51,5	31,9
АФК, 50 (N-10, P-20, K-20)	51,5	25,8
Удобрение для льна, 60 (N-5, P-25, K-30)	51,5	30,9
Кристаллин, 56 (N-20, P-16, K-20)	51,5	28,8
Азофоска, 48 (N-16, P-16, K-16)	51,5	24,7
Нитроаммофосфат, 46 (N-23, P-23)	51,5	23,7
Органические удобрения		
Подстилочные: на основе соломы (1:10)		0,113
на основе торфа (1:3)		0,222
Торфо-навозные и торфо-соломисто-навозные компосты (24 % торфа)		0,273

Окончание приложения 4

Наименование, единица измерения	Энергосодержание	Энергоэквивалент
Гербициды		
Смешивающиеся масла	419,2	
Смачивающийся порошок	263,6	
Гранулы	363,6	
Инсектициды		
Смешивающиеся масла	365,0	
Смачивающийся порошок	253,2	
Гранулы	216,6	
Фунгициды		
Смешивающиеся масла	272,6	
Смачивающийся порошок	116,6	
Прочие вещества		
Местные минеральные удобрения		2,9
Известковые материалы		3,8
Медный купорос		85,8
Сера молотая		68,2
Табачный экстракт		30,1
Пиретрум		44,8
Вода водопроводная		0,023
Здания (сооружения)		
Наименование	Энергоэквивалент, МДж/м <sup>2</sup>	
Производственные (цеха, мастерские и т. п.)	5025	
Вспомогательные (хранилища, склады и т. п.):	4180	
Площадки для зерна:		
- с песчано-гравийным основанием	230	
- с бетонным основанием	490	
Граншеи:		
- силосные	177	
- сенажные	258	
Сараи, навесы, ограждения	383	
Теплицы, в среднем	7600	

## 5. Индивидуальные задания к практической работе № 2.1

Вариант	Предприятие № 1				Предприятие № 2					
	Затраты ТЭР, МДж				Объем производства	Затраты ТЭР, МДж				Объем производства
	На основной технологический процесс	На разогрев и пуск оборудования	На плановые потери	На вспомогательные нужды		На основной технологический процесс	На разогрев и пуск оборудования	На плановые потери	На вспомогательные нужды	
1	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	10000	$4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	6000
2	$4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	10000	$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	10000
3	$2 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	10000	$6 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	15000
4	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	$0,2 \cdot 10^2$	20000	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	10000
5	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	20000	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	13000
6	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^3$	$0,4 \cdot 10^3$	20000	$7 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	12000
7	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	20000	$6 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$	15000
8	$7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$	15000	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	16000
9	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	15000	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	2000
10	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	13000	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	4000
11	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	10000	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	10000
12	$6 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	20000	$4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	10000
13	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	22000	$2 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	20000
14	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	10000	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	$0,2 \cdot 10^2$	20000
15	$4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	15000	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	20000
16	$7 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	12000	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^3$	$0,4 \cdot 10^3$	20000
17	$6 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$	15000	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^3$	$0,4 \cdot 10^3$	20000
18	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	16000	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	20000
19	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	2000	$7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	15000
20	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	4000	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	15000
21	$4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	6000	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	13000
22	$5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	10000	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^3$	$0,4 \cdot 10^3$	20000
23	$6 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	15000	$4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	15000
24	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	10000	$7 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	12000
25	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$0,3 \cdot 10^2$	13000	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	13000
26	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	$0,2 \cdot 10^2$	10000	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	10000
27	$6 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	20000	$6 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	20000
28	$4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$0,4 \cdot 10^3$	15000	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^3$	22000
29	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$0,4 \cdot 10^2$	15000	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	10000
30	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^4$	$0,3 \cdot 10^4$	5000	$5 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^3$	$0,2 \cdot 10^3$	13000

## 6. Технологическое оборудование производственных линий

Наименование технологического оборудования	Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	Количество единиц оборудования в технологической схеме, шт
Дозатор	10,1	4
Магнитный сепаратор	15	4
Вальцовый станок	23	9
Рассева	4,5	9
Ситовечная машина	2,3	9
Фасовочная машина	0,4	4
Волчок	45	3
Шпигорезка	12	2
Куттер	30,6	4
Насос	1,5	6
Вакуумный шприц	2,8	4
Обжарочная камера	43	2
Варочная камера	15	2
Коптильная камера	12	2
Упаковочная машина	3	4
Нория	12,3	2
Конвейер	0,8	6
Просеиватель	5,5	4
Смеситель	5,5	4
Фильтр	7	6
Тестоприготовительный агрегат	7,5	3
Тестомесильная машина	4,5	2
Делительная машина	2,45	2
Формующая машина	2,3	2
Расстойный шкаф	1,5	3
Охладительная установка	5	2
Сепаратор-нормализатор	10	4
Гомогенизатор	75	4
Фаршеприготовительный агрегат	32	3
Термоагрегат	2,6	3
Фаршемешалка	12	4
Пельменный автомат	24	2
Морозильная камера	13	5
Галтовочный барабан	0,7	3
Маслоизготовитель	31,2	4
Обжарочный аппарат	65	3

Продолжение приложения 6

Наименование технологического оборудования	Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	Количество единиц оборудования в технологической схеме, шт
Испарительная чаша	12	3
Гранулятор	2,4	3
Сыродельная ванна	0,5	4
Пресс	23	6
Моечная машина	40	4
Парафинер	0,36	2
Ультрафильтрационная установка	45,5	3
Обратноосмотическая установка	31	3
Бутылкомоечная машина	34	2
Укупорочная машина	8	2
Этикетировочная машина	6	2
Теплообменник	46	4
Эмульгатор	21	3
Пропариватель	12	2
Темперирующий сборник	0,8	4
Плющилка	23,5	2
Гидролоток	0,28	2
Дробилка	22,5	3
Вакуум-подогреватель	0,7	4
Центрифуга	26	5
Протирочная машина	7,5	3
Стерилизатор	24	6
Пастеризатор	26	4
Аппарат для заквашивания	12	3
Режущее устройство	4,1	4
Сушильный аппарат	16	2
Машина для обезглавливания рыбы	2,3	2
Филетировочная машина	3,9	2
Шкуротъемная машина	2,5	2
Ботвосоломолушка	3	2
Камнеловушка	2	2
Водоотделитель	2	2
Свеклорезка	23	2
Диффузионный аппарат	70	3
Мезголовушка	2,6	2
Аппарат для дефекации и сатурации сока	12	1

Окончание приложения 6

Наименование технологического оборудования	Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	Количество единиц оборудования в технологической схеме, шт
Выпарная установка	2,7	1
Сульфитатор	2	1
Вакуум-аппараты	3	4
Утфелемешалка	6	3
Утфелераспределитель	5	3
Аффинационная мешалка	6	2
Заторный агрегат	2	2
Варочный агрегат	4	2
Сусловарочный аппарат	6	2
Хмелотборный аппарат	9	2
Компрессорная установка	7	2
Отстойный аппарат	3	6
Бродильный аппарат	6	6
Танк	0,8	6

## 7. Индивидуальные задания к практической работе № 2.2

1. *Технологическая схема производства муки.* Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки зерна к помолу, в состав которого входят силосы, регулирующие и транспортные устройства для хранения и формирования помольных партий зерна; машины и аппараты для отделения примесей, отличающихся от зерна геометрическими размерами, формой, плотностью, магнитными и другими свойствами; машины и аппараты для гидротермической и механической обработки поверхности зерна. В состав линии входят 4–5 крупнообразующих (драных) комплексов оборудования, каждый из которых содержит устройства для дозирования и контроля качества зерна, магнитные сепараторы, вальцовые станки, отсева, ситовые и вымывальные машины. По ходу технологического процесса от первого до последнего комплекса крупность обрабатываемых частиц уменьшается. Ведущими являются 9–12 размольных комплексов оборудования, включающих магнитные сепараторы, вальцовые станки и отсева. Первый, второй и третий комплексы по ходу технологического процесса предназначены для получения муки высшего сорта. В комплексах с четвертого по шестой получают муку высшего и первого сортов. Последующие комплексы размольного оборудования обеспечивают получение муки первого и второго сортов. Завершающий комплекс включает оборудование для весового дозирования и смешивания групповых потоков (компонентов сортов муки), емкости для хранения готовой продукции, весовые устройства и фасовочные машины.

2. *Технологическая линия производства овсяных хлопьев.* Начальные стадии технологического процесса производства овсяных хлопьев «Геркулес» выполняются при помощи комплексов оборудования для хранения, очистки, сепарации и транспортирования сырья. Приемку сырья осуществляют при помощи весов, сепараторов и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из пропаривателей, temperирующих сборников, плющилок, оборудования для просеивания и охлаждения хлопьев. Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает упаковывание, хранение и транспортирование готовых изделий. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

3. *Технологическая линия производства сахара-песка.* Линия начинается с комплекса оборудования для транспортирования и очистки наружной поверхности свеклы, в состав которого входят системы гидротранспортеров, свеклонасос, ботвосоломолушки, камнелушки, водоотделитель, свекломойка и магнитный сепаратор, а также оборудование для отбора хвостиков свеклы. Следующий комплекс оборудования предназначен для получения и обработки свекловичной стружки. Он включает весы, свеклорезку, диффузионный аппарат, мезголовушки и оборудование для отжима влаги от свекловичного жома. В третий комплекс оборудования для физико-химической обработки диффузионного сока и отделения осадков входят аппараты для дефекации и сатурации сока, подогреватели, дозаторы известкового молока, отстойники, сульфитаторы и фильтры. Четвертый комплекс оборудования предназначен для выпаривания диффузионного сока и очистки сиропа. Он состоит из четырехкорпусной выпарной установки с концентратора сиропа и фильтра сиропа. Ведущим является комплекс оборудования для уваривания сиропа, кристаллизации сахара, отделения утфеля и промывки кристаллов сахара. Основным оборудованием этого комплекса являются вакуум-аппараты утфеля, утфелемешалки, утфелераспределители, центрифуги, аффинационная мешалка, сборники оттеков утфелей и мелассы, а также вибротранспортер для промытого сахара-песка. Завершающий комплекс оборудования для получения товарного сахара-песка включает элеватор, сушильно-охладительную установку, сортировочную установку для сахара, приемные бункеры сахара-песка, а также циклоны сухой и влажной очистки воздуха от сахарной пыли и мешалку для растворения сахарной пыли и комков сахара-песка.

4. *Технологическая схема производства томатного сока.* Линия начинается с комплекса оборудования для очистки, мойки и сортировки сырья, в состав которого входят вентиляторные моечные машины, конвейеры и гидрлотки. В состав линии входит комплекс оборудования для дробления (измельчения) томатов, состоящий из дробилок, емкостей и насосов. Ведущим является комплекс оборудования, включающий вакуум-подогреватели с вакуум-бачками и шнековые прессы со сборниками. Следующий комплекс оборудования представляют центрифуги или протирачные машины. Завершающий комплекс оборудования линии состоит из фасовочно-укупорочных машин, стерилизаторов и пастеризаторов.

5. *Технологическая линия производства жареного кофе.* Начальные стадии технологического процесса производства кофепродуктов выполняются с помощью комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству кофе. Для хранения сырого кофе используют бункеры. На небольших предприятиях для транспортировки зерен кофе применяют погрузчики, нории, цепные и винтовые конвейеры. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта крупы. Подготовку сырья осуществляют с помощью просеивателей, сепараторов, магнитных уловителей и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из обжарочных аппаратов, испарительных чаш, грануляторов и просеивателей. Завершающий комплекс оборудования линии включает смесительно-дозировочные станции для дозирования и смешивания рецептурных компонентов, фасовочные машины и оборудование экспедиций и складов готовой продукции.

6. *Технологическая линия производства пастеризованного молока.* Линия производства пастеризованного молока начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, охлаждающую установку и резервуары для хранения молока. Ведущим в линии является комплекс оборудования для образования нормализованного молока и сливок, включающий насосы, сепаратор-нормализатор и гомогенизатор. В завершающий комплекс получения готовой продукции входят пластинчатые пастеризационно-охладительные установки, резервуары для хранения охлажденного пастеризованного молока и сливок, фасовочные машины. Топленое молоко получают с помощью комплекса оборудования, в который входят трубчатая пастеризационная установка, резервуар для выдержки молока и пластинчатая охлаждающая установка.

7. *Технологическая линия производства сливочного масла.* Линия для производства сливочного масла начинается с комплекса оборудования для приемки и хранения молока, в состав которого входят насосы, емкости, приемные ванны и весы. В состав линии входит комплекс оборудования для подогревания и сепарирования молока, состоящий из пластинчатых пастеризационно-охладительных установок и сепараторов-сливкоотделителей. Следующим является комплекс оборудования для тепловой обработки сливок и их созревания, в состав которого входят пластинчатый теплообменник, пастеризационно-охладительная уста-

новка, вакуум-дезодорационная установка и резервуары для хранения и созревания сливок. Ведущим является комплекс оборудования для сбивания сливок, промывки, посолки и механической обработки масла, представляющий маслоизготовители периодического и непрерывного действия. Завершающий комплекс оборудования включает машины для фасования масла в ящики или в потребительскую тару.

8. *Технологическая линия производства мороженой рыбы и филе.* Линия включает комплекс оборудования для разделки рыбы, морозильные установки и установку для транспортирования мороженых блоков. В состав комплекса для разделки рыбы входят бункеры-накопители, машины для обезглавливания рыбы, филетировочные машины, сборник для филейчиков, шкуроеъемные машины, инспекционные столы, межоперационные конвейеры. Для замораживания рыбы и рыбной продукции на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях и судах промыслового флота применяются два основных типа морозильных аппаратов – воздушные и плиточные. В воздушных морозильных аппаратах замораживание рыбы, предварительно уложенной в блок-формы или противни, производится в потоке холодного воздуха. Противни или блок-формы размещаются либо на неподвижных стеллажах или тележка, либо закрепляются на непрерывно движущемся конвейере. В первом случае морозильные аппараты работают периодически, с определенными циклами между загрузкой и выгрузкой, во втором – непрерывно. Плиточные морозильные аппараты имеют более высокие по сравнению с воздушными удельные технико-экономические показатели, так как замораживание производится между плитами, охлаждаемыми хладагентом, что значительно уменьшает теплотери и увеличивает компактность аппарата. Плиточные аппараты могут быть с вертикальным, горизонтальным или радиальным расположением плит, между которыми размещается замораживаемый продукт. Наилучшие условия для механизации процесса загрузки рыбы и выгрузки блоков имеют морозильные аппараты роторно-плиточные. Как правило, на судах промыслового флота и на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях одновременно установлены несколько потоков оборудования (в зависимости от вида обработки сырья): комплекс для получения филе, мороженого в блоках; участков для разделки средней и крупной рыбы; участка замораживания неразделанной рыбы.

9. *Технологическая линия производства хлеба.* Начальные стадии технологического процесса производства хлеба выполняются с помо-



щью комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды, соли, сахара, жира, дрожжей и других видов сырья. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, а муки – нориями, скребковыми и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки. Жидкие полуфабрикаты перекачиваются насосами. Подготовку сырья осуществляют при помощи просеивателей, смесителей, магнитных аппаратов, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для темперирования, дозирования и смешивания рецептурных компонентов; брожения опары и теста; деления теста на порции и формования тестовых заготовок и полуфабрикатов. В состав этого комплекса входят дозаторы, тестоприготовительные агрегаты, тестомесильные, делительные и формующие машины. Следующий комплекс линии включает оборудование для расстойки, укладки и выпечки тестовых заготовок. К нему относятся расстойный шкаф, механизмы для укладки, пересадки, надрезки тестовых заготовок и хлебопекарная печь. Завершающий комплекс линии содержит оборудование для охлаждения и упаковывания готовых изделий.

10. *Технологическая линия производства макаронных изделий.* Начальные стадии производства макаронных изделий выполняются с помощью комплексов оборудования для хранения, транспортирования и подготовки к производству муки, воды и добавок-обогащителей. Для хранения сырья используют мешки, металлические емкости и бункера. На небольших предприятиях применяют механическое транспортирование мешков с мукой погрузчиками, нориями, а муки – нориями, цепными и винтовыми конвейерами. На крупных предприятиях используют системы пневматического транспорта муки, жидкие полуфабрикаты перекачивают насосами. Подготовку сырья осуществляют с помощью просеивателей, смесителей, магнитных ловителей, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из оборудования для дозирования, смешивания и вакуумирования рецептурных компонентов, макаронного пресса, режущего и обдувочного устройств. Завершающие стадии производства выполняют с помощью сушильных аппаратов, накопителей-стабилизаторов, машин для фасования и групповой упаковки макаронных изделий.

11. *Технологическая линия производства пива.* Начальные стадии технологического процесса выполняются с помощью комплексов оборудования для измельчения солода и приготовления пивного сусла: дробилки, заторные и варочные агрегаты, фильтрационные, суслорочные аппараты и хмелеотборные аппараты. Следующим идет комплекс оборудования линии для охлаждения и осветления пивного сусла, состоящий из холодильных компрессионных установок, теплообменных аппаратов и пластинчатых теплообменников, отстойных аппаратов и сепараторов. Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для брожения (дображивания) пива и состоит из бродильных аппаратов и танков, установок для непрерывного брожения и дображивания. Завершающим является комплекс оборудования для получения готового пива, включающий фильтр-пресс, сепараторы, диатомитовые и кизельгуровые фильтры для осветления пива, а также упаковочное оборудование.

12. *Технологическая линия производства водки.* Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки водно-спиртовых растворов, в состав которого входят аппараты для кондиционирования воды, ультрафильтрационные и обратноосмотические установки, а также сортировочные аппараты и смеситель непрерывного действия. Другой подготовительный комплекс оборудования линии содержит песочные фильтры, угольные колонки и установки для регенерации активированного угля перегретым паром. Ведущий комплекс оборудования линии предназначен для фасования и оформления готовой продукции. В его составе имеются бутылкомоечные, фасовочно-укупорочные, инспекционные и этикетировочные машины.

13. *Технологическая линия производства майонеза.* Линия производства майонеза начинается с комплекса оборудования для подготовки сухих и жидких компонентов, включающего емкости и насосы. Далее по ходу технологического процесса предусмотрены комплексы для приготовления и дозирования фаз, содержащие счетчики, теплообменники, емкости, насосы и гомогенизаторы. Следующий комплекс предназначен для температурной обработки и предварительного эмульгирования, в состав которого входят теплообменники, насосы-дозаторы и эмульгаторы. Ведущим является комплекс оборудования для получения готового майонеза, который содержит емкости и насосы-дозаторы. В завершающий комплекс входит оборудование для фасования майонеза и укладки его в ящики.

14. *Технологическая линия производства варено-копченых колбас.* Технологический процесс производства варено-копченых колбас начинается с комплекса оборудования для подготовки сырья, включающего столы для обвалки и жиловки мяса, а также емкости или агрегаты для его посола. Следующим комплексом оборудования являются волчки, шпигорезки различных конструкций, на которых происходит измельчение мясного сырья, а также оборудование для составления фарша, включающее мешалки, куттеры (для измельчения замороженного сырья), а также разгрузочные устройства, емкости и насосы для фарша. Наполнение оболочек фаршем производят гидравлическими и вакуумными шприцами, после чего батоны перевязывают на столах для вязки колбас или накладывают клипсы на концы батонов, а затем навешивают либо укладывают их на рамы и подвергают осадке. Осадочные камеры оборудованы подвесными путями. Для создания необходимого микроклимата используют пристенные батареи и воздухоохладители. Ведущим комплексом является оборудование для термической обработки, для чего традиционно используют стационарные обжарочные, варочные и копильные камеры. Основным оборудованием на этой стадии является термоагрегат непрерывного действия с автоматическим регулированием температуры и относительной влажности среды, в котором колбасы на рамах подвергаются варке, копчению и высушиванию. Завершающий комплекс оборудования включает контейнеры и упаковочные машины.

15. *Технологическая линия производства пельменей.* Линия производства пельменей начинается с оборудования для подготовки теста и приготовления фарша, включающего тележки, трубопроводы и насосы, конвейеры и взвешивающие устройства, дозаторы и тестоприготовительные агрегаты, а также фаршемешалки. Ведущим комплексом оборудования в линии является оборудование для дозирования и формования пельменей, в качестве которого используют пельменные автоматы различной производительности. Следующими комплексами оборудования в линии являются морозильные камеры с естественным или искусственным движением воздуха, а также скороморозильные аппараты туннельного типа, в которых пельмени замораживают на лотках, установленных на полках тележек или на рамках. Галтовка пельменей производится в машинах для отделения мороженых пельменей от алюминиевых лотков, а также в галтовочных барабанах. В завершающий ком-

плекс линии входят объемные дозаторы для пельменей и упаковочная машина.

16. *Технологическая линия производства мороженого.* Начальные стадии технологического процесса производства мороженого выполняются при помощи комплексов оборудования для приема, охлаждения, переработки, хранения и транспортирования сырья. Приемку сырья осуществляют при помощи весов (молокосчетчиков), сепараторов-молокоочистителей, пластинчатых охладителей, фильтров и вспомогательного оборудования. Ведущий комплекс линии состоит из подогревателей, сепараторов-сливкоотделителей, гомогенизаторов, пастеризаторов, охладителей и емкостей для хранения полуфабрикатов. Завершающий комплекс оборудования линии обеспечивает фасование, закаливание и хранение готовой продукции. Он содержит фасовочно-упаковочные машины и оборудование морозильных камер для готовой продукции.

17. *Технологическая схема производства кисломолочных продуктов.* Линия производства кисломолочных продуктов начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, охладительные установки и резервуары для хранения молока. Ведущими в линии являются комплексы оборудования для образования, заквашивания и сквашивания нормализованной молочной смеси, включающие насосы, теплообменные установки, сепараторы-сливкоотделители, дозаторы и резервуары для смешивания компонентов молочной смеси, сепараторы-молокоочистители и гомогенизаторы, а также аппараты для заквашивания и сквашивания молочной смеси с последующим охлаждением, перемешиванием и выдержкой молочного сгустка. В завершающий комплекс для получения готовой продукции входят резервуары для хранения, насосы, охлаждающие установки и машины для фасования готовой продукции в потребительскую тару.

18. *Технологическая линия производства творога.* Линия производства мягкого диетического творога начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, охладительные установки и резервуары для хранения сырого молока. Следующий комплекс оборудования предназначен для сепарирования молока и обработки сливок и обезжиренного молока. Он содержит сепаратор-сливкоотделитель, пластинчатые пастеризационно-охладительные ус-

тановки, насосы и резервуары для хранения сливок. Ведущим является комплекс оборудования для образования мягкого диетического творога, в состав которого входят аппарат для заквашивания и сквашивания обезжиренного молока; дозаторы закваски, раствора хлористого кальция и сычужного фермента; насосы для творожного сгустка; пластинчатая пастеризационно-охладительная установка для сгустка, фильтр и центробежный сепаратор для сгустка и охладитель обезжиренного творога. В завершающий комплекс входят насосы-дозаторы для творога и сливок, смеситель и фасовочная машина.

19. *Технологическая линия производства сыра.* Линия производства твердого сычужного сыра начинается с комплекса оборудования для подготовки сырого молока к переработке, включающего самовсасывающие насосы, счетчики-расходомеры, фильтры, воздухоотделители, охлаждающую установку и резервуары для хранения молока. Далее по ходу технологического процесса предусмотрен комплекс оборудования для получения нормализованного пастеризованного молока, содержащий насосы, сепаратор-сливкоотделитель или сепаратор-нормализатор, дозаторы компонентов молочной смеси, пластинчатую пастеризационно-охладительную установку, резервуары для нормализации, созревания и хранения молока. Следующий комплекс оборудования предназначен для получения сырной массы и обработки сырного зерна, в состав которого входят сырродельная ванна с дозаторами компонентов и препаратов, устройствами для разрезания сгустка, вымешивания и нагревания сырного зерна, а также насос сырного зерна. Ведущим является комплекс оборудования для образования сыра, который содержит формовочные аппараты, прессы, маркировочное устройство, контейнеры для посолки и созревания сыра, машины для мойки и обсушки сыра, а также оборудование для транспортирования и хранения сыра при обработке и созревании. В завершающий комплекс входит оборудование для нанесения на сыр защитного покрытия: парафинеры, машины для упаковывания сыра в полимерные пленки и в торговую тару, а также оборудование для транспортирования и хранения сыра при созревании на межзаводских сырохранилищах, базах и холодильниках.

## 8. Индивидуальные задания к практической работе № 2.3

Номер	Q, т/ч	Наименование груза	H, м	B, м	Тип ленты	Материал ленты	Тип цепи	Ширина ковша, мм	Шаг ковша, мм	e <sup>м</sup>
1	20	Уголь древесный	20	0,3	1	ОПБ-5	В	160	160	1,37
2	10	Шлак торфяной	30	0,4	2	ОПБ-12	ВР	250	250	1,46
3	23	Шлак каменноугольный	40	0,5	2Р	Б-820	ВК	320	320	1,6
4	50	Цемент	50	0,6	2У	УШТ	-	400	400	1,87
5	10	Уголь каменный	60	0,7	-	-	ВКП	500	500	2,18
6	20	Кусковой горф	70	0,8	-	-	В	650	630	2,56
7	10	Угольная пыль	80	1,0	-	-	ВР	160	800	3,01
8	10	Руда	20	1,2	2Р	УШТ	ВК	250	160	3,51
9	19	Песок	30	1,4	2У	ОПБ-5	-	320	250	1,37
10	50	Камень	40	1,6	-	-	ВКП	400	320	1,46
11	10	Известь	50	1,8	-	-	В	500	400	1,6
12	20	Зола	60	2	2	УШТ	-	650	500	1,87
13	50	Гравий	70	0,3	2Р	ОПБ-5	ВК	160	630	2,18
14	100	Опилки древесные	80	0,4	2У	ОПБ-12	ВКГ	250	800	2,56
15	175	Земля	20	0,5	3	Б-820	-	320	160	3,01
16	350	Кокс	30	0,6	1	УШТ	В	400	250	3,51
17	50	Мрамор	40	0,7	2	ОПБ-5	-	500	320	1,37
18	10	Соль	50	0,8	2Р	ОПБ-12	-	650	400	1,46
19	20	Руда	60	1,0	-	-	ВКГ	320	500	1,6
20	25	Песок	70	1,2	3	УШТ	-	250	630	1,87
21	50	Соль	20	0,3	-	-	В	160	160	1,37
22	19	Руда	30	0,4	-	-	ВР	250	250	1,46
23	50	Песок	40	0,5	2Р	Б-820	-	320	320	1,6
24	15	Камень	50	0,6	-	-	ВКГ	400	400	1,87
25	10	Известь	60	0,7	3	ОПБ-5	-	500	500	2,18
26	25	Зола	70	0,8	-	-	В	650	630	2,56
27	30	Гравий	80	1,0	2	Б-820	ВР	160	800	3,01
28	20	Опилки древесные	20	1,2	2Р	УШТ	ВК	250	160	3,51
29	30	Соль	30	1,4	2У	ОПБ-5	-	320	250	1,37
30	50	Руда	40	1,6	3	ОПБ-12	ВКП	400	320	1,46

## 9. Рекомендации по выбору типа элеватора, типа ковшей и скорости ковшей

Характеристика насыпных грузов	Примеры характерных грузов	Рекомендуемый тип элеватора	Тип ковшей	Средний коэффициент заполнения ковшей	Скорость, м/с	
					ленты	цепи
Пылевидные сухие	Угольная пыль	Тихоходный со свободной самотечной разгрузкой	Г	0,85	-	0,6÷0,8
	Цемент, мука фосфоритная	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,8	1,25÷1,8	-
	Пищевые продукты помола зерна (мука, комбикорма)	Быстроходный с центробежной разгрузкой	М	0,85	1÷1,4	-
Пылевидные и зернистые влажные, плохосыпучие	Земля, песок, мел в порошке, химикаты	Быстроходный с центробежной разгрузкой	М	0,6	1÷2	0,8÷2,0
	Пищевое зерно влажностью более 17 % и комбикорма	То же	Г	0,7-0,8	2,2÷3,6	-
	Пищевое зерно влажностью до 17 %	Сверхбыстроходный с центробежной разгрузкой	ГЖ(жалюзный)	0,7	3,9÷4,0	-
Зернистые и мелкокусковые, малоабразивные	Древесные опилки, щепа, сухая глина в комках, торф фрезерный, мелкий уголь	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,8	1,25÷2,0	1,0÷1,6
	Шламовая известь, сажа	Тихоходный со свободной самотечной разгрузкой	Г	0,8(бокоре крепление цепей)	-	0,4÷1,0

Окончание приложения 9

Характеристика насыпных грузов	Примеры характерных грузов	Рекомендуемый тип элеватора	Тип ковшей	Средний коэффициент заполнения ковшей	Скорость, м/с	
					ленты	цепи
То же, сильно абразивные	Гравий, руда, шлаки	Тихоходный с направленной разгрузкой	О;С	0,8	0,4÷0,8	0,4÷0,63
	Песок, зола, земля, порода	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,8	1÷2	-
Средне- и крупнокусковые (a ≥ 60 мм), малоабразивные)	Каменный уголь	Тихоходный с направленной разгрузкой	О;С	0,6÷0,8	-	0,4÷0,63
	Кусковой торф	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,6÷0,7	-	0,8÷1,6
То же, сильно абразивные	Камень, руда, шлаки	Тихоходный с направленной разгрузкой	О; С	0,6÷0,8	-	0,4÷0,63
Кусковые хрупкие, не допускающие крошения	Древесный уголь, кокс	То же	О; С	0,6	0,4÷0,63	0,4÷0,63

Примечание. Типы ковшей: Г – скругленные глубокие; М – скругленные мелкие; О – остроугольные с бортовыми направляющими; С – скругленные с бортовыми направляющими.

## 10. Характеристика свойств насыпных грузов

Наименование груза	Объемная (насыпная) масса, т/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса, град		Коэффициент трения в состоянии покоя		Группа абразивности
		В покое	В движении	По стали	По резине	
Агломерат железной руды	1,7-2	45	-	0,8-1	-	Д
Алебастр	1,2-1,3	-	-	0,8-1	-	-
Антрацит	0,8-0,95	45	27	0,84	0,61	С
Бетон	1,8-2,2	-	-	-	-	-
Брикеты угольные	1-1,1	-	-	-	-	-
Галька	1,47-1,8	30	-	-	-	-
Глина	0,7-1,5	50	40	0,75-1,0	-	В
Гравий	1,5-2,0	45	30	0,58-1,0	-	В
Земля	1,1-1,6	29-40	-	0,8	-	С
Зола	0,4-0,72	50	40	0,6-0,85	-	Д
Известняк	1,47-2,22	45	30	0,66-0,76	-	В
Известь	0,32-0,81	30-50	15-25	0,3	-	-
Камень	1,8-2,2	45	30	-	-	-
Керамзит	0,5-0,7	-	-	-	-	-
Кокс	0,48-0,53	35-50	-	0,84	-	Д
Мел	0,95-1,2	39	-	-	-	-
Мрамор	1,52-1,69	-	-	-	-	-
Мусор строительный	1,2-1,4	-	-	-	-	-
Опилки древесные	0,16-0,32	39	-	0,39-0,83	0,51-0,65	А
Пемза	0,3-0,75	-	-	0,39-0,83	-	-
Песок	1,4-1,65	45	30	0,32-0,7	0,46	С
Пыль	0,4-0,7	15	-	-	-	-
Руда	2,1-3,5	30-50	-	1,2	-	Д
Сильвинит	1,1-1,14	41	-	-	-	-
Соль техническая	0,72-1,28	40	35	0,49-1,2	0,63	-
Стружка древесная	0,2-0,88	-	-	-	-	-
Стружка стальная	1,5-2,0	-	-	-	-	-
Торф	0,33-0,4	45	32	0,27-0,75	-	А
Уголь бурый	0,6-0,78	35-50	-	0,84	-	-
Уголь древесный	0,15-0,22	-	-	-	-	-
Уголь каменный	0,6-0,8	35-40	-	0,42	0,55	В
Цемент	1,0-1,8	40	30	0,3-0,65	0,64	С
Шлак каменноугольный	0,6-1,0	35-50	-	0,4-1,19	0,46-0,66	С
Шлак торфяной	1,3-1,9	-	-	0,4-0,6	0,46	-
Щебень	1,2-1,8	45	35	0,47-0,53	-	Д

## 11. Расчетная толщина резиновых обкладок резиноканевых конвейерных лент

Типы лент	Толщина обкладки, мм	
	Рабочая сторона	Нерабочая сторона
	6	2
2	3	1
2Р	4	2
2У	3	1,5
3	2	-

## 12. Ширина и число прокладок резиноканевых конвейерных лент

Ширина ленты, мм	Число прокладок в зависимости от типа ленты и применяемой ткани				
	Тип 1		Типы 2, 2Р и 2У		Тип 3
	ОПБ-5	ОПБ-12 УШТ	Б-820	УШТ	Б-820
300	-	-	3-4	-	3-4
400	-	-	3÷5	-	3-4
500	-	-	3÷6	-	3-4
650	3÷5	-	3÷7	3÷5	3÷5
800	3÷6	-	4÷8	3÷6	3÷5
1000	4÷8	-	5÷10	4÷8	3÷6
1200	5÷9	-	6÷10	5÷9	-
1400	6÷10	-	7÷10	6÷10	-
1600	7÷10	-	-	7÷10	-
1800	8÷12	-	-	8÷12	-
2000	9÷12	-	-	9÷12	-

## 13. Расчетная толщина прокладок резиноканевых лент

Наименование тканей	Толщина одной прокладки с резиновой прослойкой, мм
Бельтинг ОПБ-5, ОПБ-12	2,3
Бельтинг Б-820	1,5
УШТ (уточная шнуровая ткань)	2,3
Разреженная ткань (брекерная)	1,25

#### 14. Ориентировочная масса ковшей вертикальных элеваторов

Ширина ковша, мм	Толщина стенки ковша, мм	Масса ковшей, кгс			
		Ковши скругленные		Ковши с бортовыми направляющими	
		Глубокие	Мелкие	Остроугольные	Скругленные
160	2	0,9	0,7	1,2	-
250	3	3,0	2,0	3,0	-
320	3	4,4	4,1	4,4	-
400	4	9,0	9,0	9,5	15,3
500	4	-	-	14,7	24,7
650	5	-	-	-	45,5

#### 15. Значения коэффициента С

Тип элеватора	С
Ленточный	1,5
Цепной со скругленными ковшами	1,1
Цепной с остроугольными ковшами	1,0

#### 16. Цепи тяговые пластинчатые по ГОСТ 588-64

Исполнение 1					Исполнение 2				
Шаг $t$ , мм	Расстояние между внутренними пластинами, $B_{вн}$ , мм	Ширина пластины $B$ , мм	Разрушающая нагрузка (не менее), кгс	Масса 1 пог. м цепи с нормальными пластинами (не более), кг	Шаг $t$ , мм	Расстояние между внутренними пластинами $B_{вн}$ , мм	Ширина пластины $B$ , мм	Разрушающая нагрузка (не менее), кгс	Масса 1 пог. м цепи с нормальными пластинами (не более), кг
Цепи типа В									
100	32	36	12500	5,3	320	60	75	50000	18,4
125				13,8	320				29,2
						70	90	70000	
160				12	400				26,4
	44	50	20000						
200				10,8	400	82	110	100000	41,3
250				9,8					
160				17,9					
200				15,9					
	52	60	30000						
250				14,4					
320				13					
Цепи типа ВР									
100	32			5,8	250				24
		36	12500						
100	38			6,5	320	60	75	50000	20,9
125				16,1	400				19,2
	44	50	20000						
160				13,8	250				38,7
200				12,3	320	70	90	70000	33,6
250				10,9	400				29,8
160				20,5	400	47,1			
200				18,3		82	110	100000	
	52	60	30000		500				42,0
250				16,3					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
320				14,4					

Окончание приложения 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цепи типа ВК и ВКГ									
200				18,7	320				34,6
250	44	50	20000	16,2		60	75	50000	
320				13,9	400				29,6
					320	70	90	70000	50,6
250				26,1	400				43,4
320				22	320				74
400	52	60	30000	19,3	400				59,1
						82	110	10000	
					500				51,8
					630				
Цепи типа ВКП									
320				28,8					
400				24,6					
	62	60	30000						
500				21,4					
630				18,6					
630				29,2					
	78	75	50000						
80				25,2					
500				70,1					
800	100	90	70000	49,6					
1000				42,5					

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

### 17. Ориентировочные значения коэффициента $k_{зач}$

	Тип конвейера	
	Ленточный и одноцепной	Двухцепной
Скорость движения ковшей, м/с	0,5 0,75 1,0 1,25 1,6	0,5 0,75 1,0 1,25 1,6
Значения $k_{зач}$ при транспортировании груза: пылевидного, порошкообразного, зернистого и мелкозернистого	2,0 1,5 2,0 2,5 3,0	1,35 1,0 1,25 1,5 2,0
средне- и крупнокускового	3,0 2,5 3,0 4,0 5,0	1,75 1,5 1,75 2,5 3,0

### 18. Значение $e^{\mu\alpha}$ при $\alpha = \pi$

$\mu$	0,1	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
$e^{\mu\alpha}$	1,37	1,46	1,60	1,87	2,18	2,56	3,01	3,51

### 19. Рекомендуемые номинальные запасы прочности прорезиненных конвейерных лент

Число прокладок	До 4	5-8	9-11
Номинальный запас прочности	9	10	10,5

### 20. Предел прочности прокладок резиноканевых лент при разрыве (по основе)

Материал прокладок	Предел прочности на 1 см ширины одной прокладки в ленте, кг/см
Бельтинг ОПБ-5	115
Бельтинг ОПБ-12	115
Бельтинг Б-820	55
УШТ (уточная шнуровая ткань)	119

1. Баштовой, В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебно-методическое пособие / В. Г. Баштовой. – Минск, 2000. – 36 с.
2. Поспелова, Т. Г. Основы энергосбережения / Т. Г. Поспелова. – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 352 с.
3. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения : учебное пособие / М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. – Минск : БГЭУ, 2002. – 200 с.
4. Основы энергосбережения : учебное пособие / Б. И. Врублевский [и др.]. – Гомель, 2002. – 152 с.
5. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учебное пособие / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – Минск : Выш. школа, 2005. – 296 с.
6. Дашков, В. Н. Возобновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК : монография / В. Н. Дашков. – Барановичи : РУПП «Баранов, укрупн. тип.», 2003. – 184 с.
7. Шило, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства : монография / И. Н. Шило, В. Н. Дашков. – Минск : БГАТУ, 2003. – 183 с.
8. Фролов, А. В. Основы энергосбережения : учебно-методическое пособие / А. В. Фролов. – Минск : Юнипак, 2005. – 112 с.
9. Энергосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Республике Беларусь : пособие для студ. вузов по агроинж. спец. / И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2008. – 172 с.
10. Свентицкий, И. И. Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации : монография / И. И. Свентицкий. – Москва : ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 468 с.

### Дополнительная

11. Малин, Н. И. Энергосберегающая сушка зерна / Н. И. Малин. – Минск, 2004. – 212 с.
12. Трощая, Т. П. Энергосберегающая технология сушки сельскохозяйственных материалов в озono-воздушной среде / Т. П. Трощая. – Минск, 1997. – 56 с.



13. Основы энергосбережения : учебное пособие / Н. Г. Хутская [и др.]. – Минск : Выш. школа, 1999. – 112 с.

14. Обоснование конструктивных параметров жидкотопливных топочных агрегатов для зерносушилок в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь: методические указания к практической работе / сост. : В. Н. Дашков [и др.]. – Минск, 2008. – 18 с.

15. Обоснование конструктивных параметров топочных агрегатов, работающих на местных видах топлива, для зерносушилок в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь: методические указания к практической работе / сост. : В. Н. Дашков [и др.]. – Минск, 2008. – 12 с.

16. Обоснование основных конструктивно-технологических параметров зерносушильного модуля: методические указания к практической работе / сост. : В. Н. Дашков [и др.]. – Минск, 2008. – 14 с.

#### *Законодательная*

17. Закон Республики Беларусь об энергосбережении // Энергоэффективность. – 1998. - № 7. – С. 2–5.

18. Республиканская программа энергосбережения на 2006–2010 годы. – Минск, 2006. – 120 с.

19. Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства : Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007г. № 3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2007. - № 146. – С. 5–10.

Учебное издание

**Дашков Владимир Николаевич, Турцевич Елена Федоровна,  
Михайловский Евгений Игнатьевич**

### **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Учебно-методический комплекс*

Ответственный за выпуск *В. Н. Дашков*  
Редактор *Н. А. Антипович*  
Компьютерная верстка *А. И. Стебуля*

Подписано в печать 09.12.2010 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 16,97. Уч.-изд. л. 13,27. Тираж 170 экз. Заказ 1119.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.